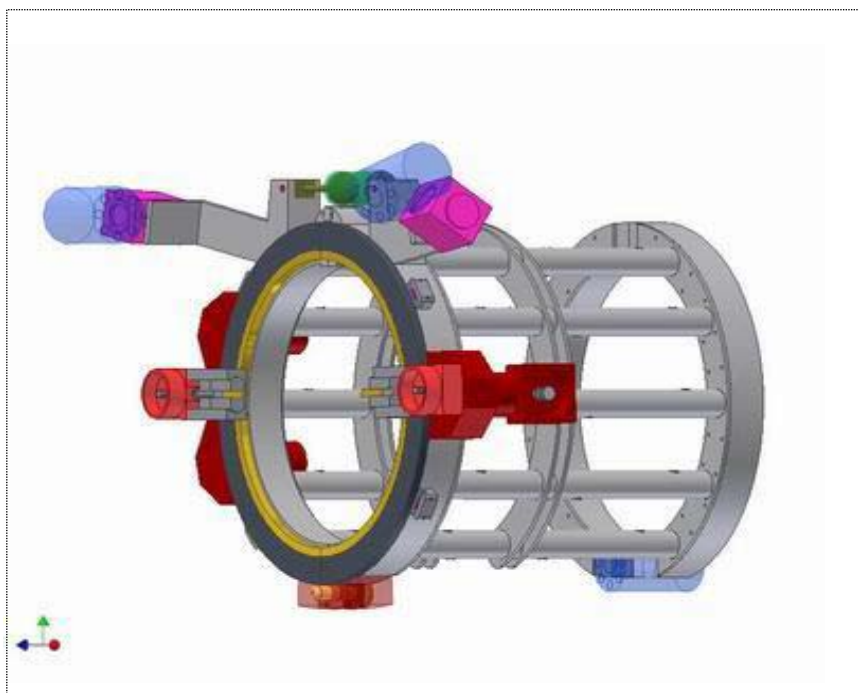




HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Konseptstudie av kuttessystem for undervanns gassrørledninger



Hovedprosjekt utført ved Høgskolen Stord/Haugesund - Avd. for ingeniørfag

Studieretning : Prosess- og energiteknikk

Av : Ronny Haldorsen Kandidatnummer: 57



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Høgskolen Stord/Haugesund
Avdeling for ingeniørfag
Bjørnsonsgt. 45
5528 HAUGESUND
Tlf. nr. 52 70 26 00
Faks nr. 52 70 26 01

Oppgavens tittel Konseptstudie av kuttessystem for undervanns gassrørledninger		Rapportnummer (Fylles ikke ut)
Utført av Ronny Haldorsen		
Linje Maskin		Studieretning Prosess- og energiteknikk
Gradering Åpen	Innlevert Dato 2. mai 03	Veileder ved HSH Jens Christian Lindaas
Oppdragsgiver Stolt Subsea7 Joint Venture		Kontaktperson hos oppdragsgiver Espen Møller, teknisk sjef

Ekstrakt

Denne konseptstudien analyserer muligheten for å utvikle et nytt totalt fjernstyrt kuttessystem for kutting av undersjøiske gassrørledninger. Stolt Subsea7 Joint Venture, som er min oppdragsgiver, ønsker å få belyst muligheten for å bruke et roterende skjæreverktøy med dreiestål til kutting av røret som basis i det nye kuttessystemet. Målet er å kartlegge hvilke modifiseringer som må gjøres med dette verktøyet for å kunne bruke det under vann. Analysen viser at det skal være mulig å utvikle et nytt kuttessystem basert på dette verktøyet. Verktøyet er modellert ved hjelp av konstruksjonsprogrammet Autodesk Inventor 6 for å kunne gi et bilde av løsningen.

Forord

Som en del av ingeniør utdanningen skal kandidater gjennomføre et hovedprosjekt tilsvarende fire vektall. Målet med hovedprosjektet er at kandidaten skal vise at en har tilegnet seg kunnskap og erfaring, som gjør en i stand til å arbeide selvstendig med prosjekter.

Formålet med dette hovedprosjektet er å analysere mulighetene for å utvikle et nytt kutte system for undervanns gassrør ledninger. Gjennom en konsept studie skal mulige løsninger diskuteres og et mulig total design utvikles.

Oppgaven er et resultat av en henvendelse til Stolt Subsea7 Joint Venture. Dette selskapet har en rammeavtale med Statoil, som dekker deres behov for subsea beredskap på alle undersjøiske gassrørledninger på norsk sokkel. Problemet er at dagens utstyr er for ustabil og kostnadskreven i drift. Systemet er bare delvis fjernstyrt og krever assistanse av dykkere. En søker derfor å utvikle et nytt system som er totalt fjernstyrt og ROV operert. Prosjektet er ment som et ledd i Stolt Subsea7 Joint Venture sitt utviklingsarbeid.

Eg er student ved Høgskolen Stord/Haugesund, avdeling for ingeniørfag. Der studerer eg prosess- og energi teknikk ved maskinlinjen. Min bakgrunn for dette prosjektet ligger i hovedsak i fag som: undervannsteknologi, oljehydraulikk og pneumatikk, materiallære og maskindeler. Samtidig er bakgrunnskunnskapene fra fysikk, fasthetslære og statikk, masse og energilikevekter, kjemi og miljø avgjørende for gjennomføringen av prosjektet.

Eg vil gjerne takke min interne veileder Jens Christian Lindaas, for all hjelp og støtte han har gitt meg underveis i gjennomføringen av dette prosjektet, og Espen Møller, min eksterneveileder hos Stolt Subsea7 Joint Venture for all hjelp og faglige innspill.

Samtidig vil eg takke Åge Løver på Sandvik Coromant for materiale og veiledning i forbindelse med valg av skjærestål, og Ben Knutsen på Cad Teknikk for hjelp med Autodesk Inventor 6.

Haugesund 1. oktober 2003

Ronny Haldorsen

Sammendrag

På norsk kontinental sokkel ligger det over 6000 km gassrørledning på havbunnen, som transporterer gass fra feltene på norsk kontinentalsokkel og inn til land. En skade på en slik rørledning vil få store økonomiske konsekvenser. Selskapet Stolt Subsea7 Joint Venture har en rammeavtale med Statoil for reparasjoner på alle Statoils gassrørledninger. Dagens utstyr har imidlertid hatt en del driftsproblemer, en ønsker derfor å få analysert muligheten for å designe et nytt kuttessystem. Systemet skal baseres på et allerede eksisterende skjæreverktøy som benyttes på land. Verktøyet benytter skjærestål med automatisk mating som roterer rundt røret i en roterende ramme. Dette verktøyet er patentbeskyttet internasjonalt og kan derfor ikke forandres uten produsentens godkjenning. Denne oppgaven er en konseptstudie over hvilke modifiseringer som må utføres på skjæreverktøyet for at det skal kunne brukes under vann. Skjæreverktøyet skal kunne brukes ned til 2000msv, og det skal være totalt fjernstyrt. Ved hjelp av konstruksjonsprogrammet Autodesk Inventor 6, har en mulighet til å tegne en modell av verktøyet og se hvordan det vil fungere uten å fysisk bygge det. Analysen viser at det skal være mulig å gjøre disse modifiseringene, og konstruere et nytt kuttessystem som fungerer etter de kravene som er framsatt.



Innholdsfortegnelse

FORORD	1
SAMMENDRAG.....	2
1 INNLEDNING	5
1.1 PERSPEKTIV	5
1.2 STOLT SUBSEA7 JOINT VENTURE.....	5
1.3 FORMÅL.....	5
1.4 EKSISTERENDE UTSTYR	6
1.4.1 PRS, Pipeline Repair System.....	6
1.4.2 CRM, Concrete Removal Machine	7
1.4.3 H-rammer.....	7
1.4.4 TSM, Tool Support Module	8
1.4.5 ROV, Remote Operated Vehicle	8
1.4.6 Responstid	8
1.5 BEGRENSNINGER	9
1.5.1 Designbegrensninger	9
1.5.2 Patentbegrensninger	9
1.6 DESIGNKRAV	9
1.6.1 Designkrav kutteverktøy.....	10
1.6.2 Designkrav for tileggsutrustning på TSM	10
2 METODER	11
2.1 ARBEIDSMETODIKK	11
2.2 AUTODESK INVENTOR 6.....	11
2.3 DIMENSJONERING OG STYRKEBEREGNINGER FOR KONSTRUKSJONSELEMENTER	11
2.4 BEREGNINGSMODELL FOR DIMENSJONERING AV HYDRAULIKKSYLINDERE	11
2.5 MATERIALVALG	12
3 ANALYSE AV PROBLEMSTILLINGER	13
3.1 CLAMSHELL CUTTER MOD. 630SB, TriTools INC.....	13
3.1.1 Tekniske spesifikasjoner.....	13
3.1.2 Modifiseringer for undervanns bruk	14
3.2 SKJÆRESTÅL	15
3.2.1 Krav til skjærestål	15
3.3 POSISJONERING OG STABILITET.....	15
3.4 TRYKKPÅKJENNINGER	16
3.5 TILLEGGSUTRUSTNING	16
3.5.1 Overvåkning	16
3.5.2 Ballansering og dimensjonering av oppdriftslegeme	16
3.5.3 TMS, Tether Management System	16
3.5.4 Løfteanordninger.....	17
3.6 TSM, TOOL SUPPORT MODULE	17
3.6.1 Tekniske spesifikasjoner.....	17
3.6.2 Ballansering av TSM.....	17
3.6.3 Holder for kutteverktøyet	17
3.7 MATERIALVALG	18
3.7.1 Krav.....	18
3.7.2 Korrosjonsbehandling.....	18
4 RESULTATER.....	19
4.1 MULIG DESIGNLØSNING AV KUTTEVERKTØYET	19
4.1.1 Skjæreverktøyet	19
4.1.2 Mateverket.....	20
4.1.3 Rammeverk og åpen ring.....	21
4.1.4 Hengsler	22
4.1.5 Låsemekanismen	22
4.1.6 Nødsystemer	22



4.2	MULIG DESIGNLØSNING AV TILLEGGSUTRUSTNING PÅ TSM	23
4.2.1	Verktøyholder.....	23
4.2.2	Ballansering av TSM.....	23
4.3	MATERIALVALG	23
4.3.1	Endelig material valg.....	23
4.3.2	Korrosjonsbehandling.....	23
4.4	VALG AV SKJÆRE STÅL.....	24
4.4.1	TriTools skjærestål.....	24
4.4.2	Sandvik Coromat.....	24
4.4.3	Endelig skjærestål.....	25
4.4.4	Beregning av skjærehastigheten.....	25
4.5	OVERVÅKNING, KAMERA OG LYS.....	25
4.5.1	Valg av kamera	26
4.6	HYDRAULIKK.....	26
4.7	ELEKTRISK.....	26
4.8	INSTRUMENTERING.....	26
5	RESULTATER FRA AUTODESK INVENTOR 6	27
5.1	KUTTEVERKTØYET	27
5.1.1	Vekt og volum.....	27
6	KRAFTBEREGNINGER OG DIMENSJONERING	28
6.1	KREFTER I SKJÆRESTÅL OG SKJÆREHASTIGHET	28
6.2	KREFTER I HYDRAULIKKSYLINDERE	30
6.3	DIMENSJONERING AV HYDRAULIKK SYLINDERE	31
6.4	KREFTER I HENGSEL OG LÅSEMEKANISME	32
6.5	KREFTER I RAMMEVERK OG ÅPEN RING	33
6.6	OPPDRIFTSLEGEME	33
6.7	BALLANSE VANNTANK PÅ TSM.....	33
7	OPERASJONSPROSEDYRE FOR KUTTEVERKTØY	34
7.1	OPERASJONSPROSEDYRE VED NORMAL DRIFT.....	34
7.2	OPERASJONSPROSEDYRE VED UNORMAL DRIFT (SVIKT I TSM).....	35
8	DISKUSJON	36
8.1	DESIGN	36
8.2	AUTODESK INVENTOR 6.....	36
8.3	MATERIALVALG	36
8.4	DIMENSJONERING OG STYRKEBEREGNINGER	36
8.5	VALG AV SKJÆRESTÅL.....	36
8.6	OVERVÅKNING	36
8.7	STYRING	37
9	KONKLUSJON	38
10	DEFINISJONER	39
11	LITTERATUR/KILDEHENVISNING	40
12	VEDLEGG	43

1 Innledning

1.1 Perspektiv

På norsk kontinental sokkel, inkludert eksport rørledninger til kontinentet, ligger det ca 6000 km med gassrørledninger på havbunnen. Dybden disse ligger på varierer fra noen få meter ned til 2000 meter. Rørledningene transporterer gass fra produksjonsfeltene på kontinentalsokkelen og inn til land. Årlig transporterer disse rørledningene anslagsvis 50 GSm³ gass. Verdien av transportert gass er omtrent 70 milliarder kr årlig. Det er derfor innlysende at et brudd på rørledningene vil få store økonomiske konsekvenser. En er derfor avhengig av å ha pålitelig utstyr til å utføre reparasjoner på disse rørledningene på en sikker og effektiv måte.

1.2 Stolt Subsea7 Joint Venture

Stolt Subsea7 Joint Venture, er et samarbeid mellom Stolt Offshore og Subsea7, (tidligere Halliburton). Stolt Subsea7 Joint Venture har en rammeavtale med Statoil som dekker deres behov for subsea beredskap. Dette inkluderer også vedlikehold, drift og operasjon av PRS, Pipeline Repair System. Selve utstyret i PRS tilhører altså Statoil, mens SS7JV har det operative ansvaret. SS7JV sin base er på Killingøy i Haugesund. Her lagres alt utstyr som inngår i PRS.



Figur 1.1. Rørnett gassrør
Kilde: Statoil

1.3 Formål

Stolt Halliburton Joint Venture ønsker å få analysert muligheten for å designe et nytt kutte system som er fysisk mindre, mer driftssikkert og mindre kostbart i drift. Utgangspunktet for det nye systemet skal være skjæreverktøyet, Clamshell Cutter 630SB, fra TriTools Inc. Systemet må være fullstendig fjernstyrt og tåle store havdyp. Man vil i fremtiden prøve å unngå bruk av dykkere på grunn av de helsefarene som er forbundet med slik dykking.

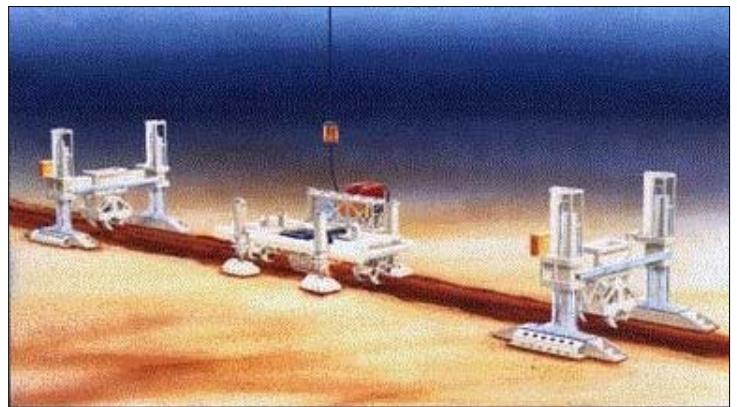
1.4 Eksisterende utstyr

1.4.1 PRS, Pipeline Repair System

PRS systemet består av flere komponenter og de viktigste vil bli omtalt i de påfølgende kapitlene.

En rørledning består av et stålrør med et korrosjonsbeskyttende lag samt et dekke av armert betong utenpå. Dekket fungerer både som beskyttelse mot fremmedlegemer som kan skade røret, isolasjon for å hindre varmetap til sjøvannet og som et lodd for å gi røret negativ oppdrift.

PRS dekker alle reparasjoner på Statoils rørledninger. Ved skade har en to mulige reparasjonsmetoder, en med bruk av mekaniske klammer som legges utenpå røret i skadesonen og forsegles. Den andre er å benytte såkalt hyperbarisk sveising. Man har en 42" reparasjonsklammer for fjernstyrt installasjon, samt 16" og 20" klammer for ROV assistert installasjon. Dykkerløs reparasjon av rørledninger kan utføres ved hjelp av "Morgrip" koblinger for 12", 16" og 20" rør.



Figur 1.3.1. PRS, kilde SS7JV

Hyperbarisk sveising kan benyttes ved alle dimensjoner, her er det dybden som setter begrensningen. Fremgangsmåte og tekniske spesifikasjoner for PRS utstyret er gitt i CONTRACT No.4600003324-JV02. Dokumentet i sin helhet kan dessverre ikke legges ved i denne rapporten. Dokumentet inngår i kontrakten mellom Statoil og SS7JV og er untatt offentligheten, det vil bli gitt utdrag der dette er nødvendig.

Når en skade skal repareres ved hyperbarisk sveising er det vanlig å kutte røret, ta bort den ødelagte biten å sette inn et nytt stykke. Det er ikke mulig å ta rørledningen opp til overflaten så dette må skje under vann.. Nederste grense for dykker basert reparasjon er for øyeblikket 360 meter. Ved et slikt dyp blir trykket svært stort, noe som gjør det vanskelig å bruke dykkere til å utføre reparasjonene. Fjernstyrte verktøy er derfor ett godt hjelpemiddel, og for reparasjon på større dybder den eneste muligheten man har for å utføre slike operasjoner.

Dagens system bruker høytrykksstråler med vann for å fjerne betongen utenpå røret. Når stålrøret skal kuttes tilsettes det sand i vannet slik at det får en slipende effekt. Systemet fungerer tilfredsstillende, men det har vært en del drifts problemer ved bruk av denne metoden. Dysene som leder kuttetrålerne blir fort slitte, noe som fører til at strålen blir unøyaktig og mister mye av effekten. Sanden kan også sette seg fast i rørsystemet, som leder frem til dysene, slik at det går tett. Prosessen med å bygge opp tilstrekkelig trykk er også svært energi krevende. Kuttflatene blir ikke gode nok til at de kan sveises direkte derfor må de bearbeides før sveising. Samtidig gir systemet en del restsand inne i rørledningen, noe mottakerapparatet er lite begeistret for. Utstyret er fysisk stort, det må håndteres med krane fra et overflatefartøy.

1.4.2 CRM, Concrete Removal Machine

Dette er selve kutteverktøyet i PRS. Systemet håndterer rør mellom 8" og 42". Første utgave av CRM ble utviklet i 1986 for operasjon med dykkere. Nåværende utgave ble utviklet i 1994 - 95 som en del av "Tørr PRS" prosjektet som ble utført for å redusere behovet for dykkere på større dyp. Maskinen er fysisk stor, de fysiske målene er, L×B×H: 4,40×3,75×3,60 m
Tørrvekt: 7,70 tonn
Operasjons dybde: 0-360 msv

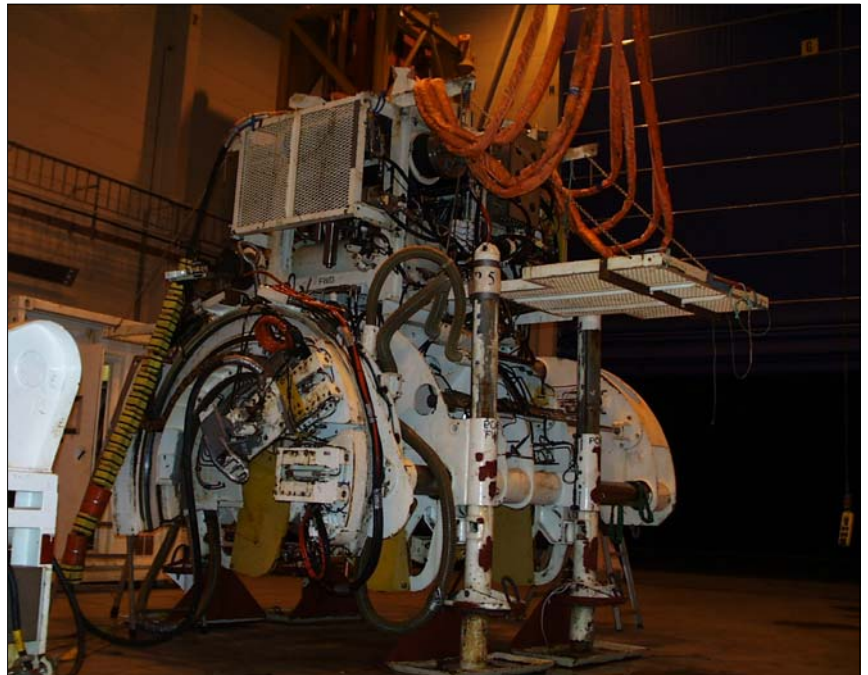


Fig 1.3.2. PRS, kilde SS7JV

1.4.3 H-rammer

H-rammer er et støttesystem, som blir brukt for å posisjonere og låse fast rørledningen under arbeidsoperasjonen. Den har en klo som griper rundt røret og holder det fast. Denne kloen kan så forlyttes i alle plan, for å få en optimal posisjonering av røret.

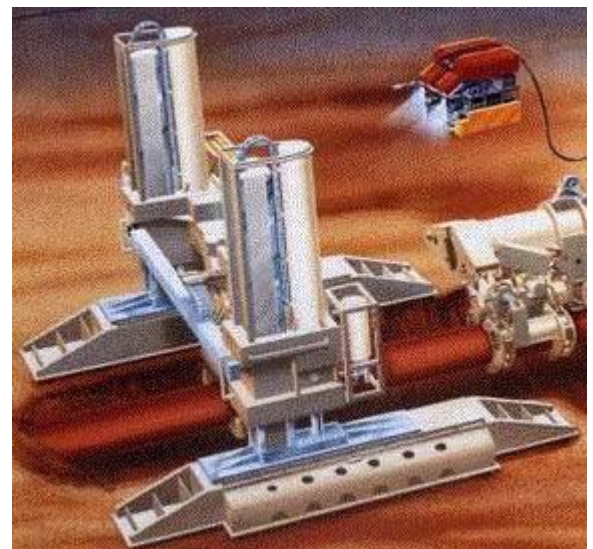


Fig 1.1.3a-b H-rammer
Kilde: SS7JV

1.4.4 TSM, Tool Support Module

Hovedoppgaven til TSM er å støtte de fjernstyrte undervannsverktøyene med nødvendig kraftforsyning og signalformidling. Samtidig skal den fungere som en base og transportenhet for enkelte av de mindre undervannsverktøyene. TSM er en sekskantet ramme, hver side av rammen kan utstyres med et standard mekanisk-hydraulisk- og elektrisk grensesnitt for hvert verktøy. TSM skal inneholde alt utstyr som er nødvendig for å kunne utføre fjernstyrte operasjoner uten assistanse av dykkere. TSM har i dag en nedre grense på 600 msv.

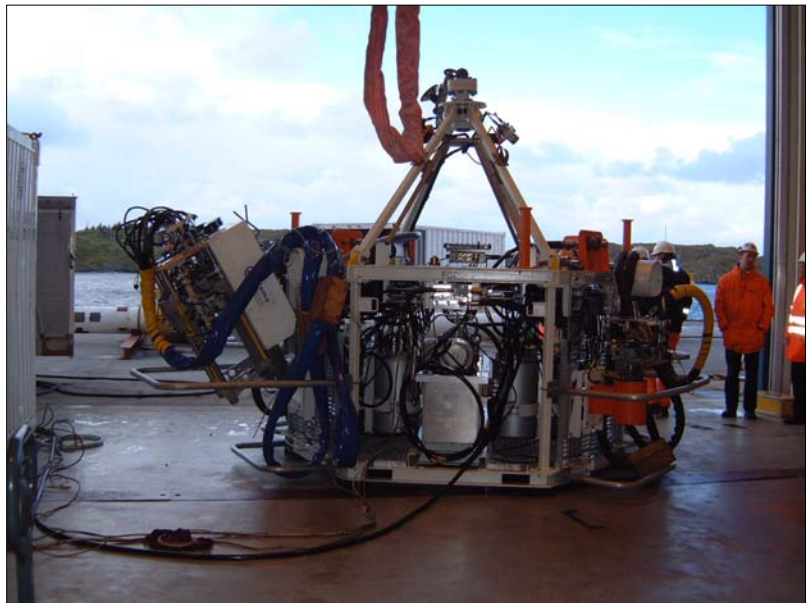


Fig 1.3.3. TSM, kilde SS7JV

1.4.5 ROV, Remote Operated Vehicle

Det vil alltid være en ROV som jobber sammen med TSM, denne kan variere i utseende og operasjonsmuligheter alt etter hvilke operasjoner som er tenkt utført. ROV er utstyrt med lys og kamera slik at en har muligheter til å overvåke pågående operasjoner. Farkoster av denne typen som er aktuelle her har en løftekapasitet som begrenser seg til 25 kg. De har manipulatorarm og standard trefinger klo, fig. 1.3.4. ROV har en rekkevidde på 140 til 200 meter fra "Tether management" systemet sitt. Operasjonen av verktøy skjer innenfor en 7 - 10 meter radius fra TSM.



Fig 1.3.4. "Trefinger klo"
Kilde: Imenco Engineering AS

1.4.6 Responstid

PRS beredskaps operasjoner har en responstid på 14 dager, i forbindelse med rør sammenkobling med mekaniske koblinger og 21 dager for sammenkobling ved hjelp av sveising. For klargjøring av et skadested er det en kortere responstid på 10 dager for CRM og H-rammer. Effektivitet og pålitelighet er to hovedstikkord for denne virksomheten, skaden må utbedres hurtigst mulig slik at normal produksjon og transport kan gjenopptas.

1.5 Begrensninger

For at det skulle være mulig å gjennomføre denne oppgaven måtte det settes en del begrensninger. Som tittelen sier er dette en konseptstudie. En konseptstudie skal ikke ta for seg alle konstruksjons elementers utforming på detaljplan. Det som er hensikten er å prøve å søke løsninger på problemstillinger. I enkelte tilfeller vil det ikke være mulig å kunne beskrive oppbyggingen av konstruksjon elementer på grunn av manglende bakgrunns informasjon. Det blir derfor viktig å beskrive hva en ønsker å oppnå og hvordan en mulig løsning er tenkt å fungere.

1.5.1 Designbegrensninger

For å begrense omfanget av prosjektet skal det tas utgangspunkt i en 30" rørledning med samme spesifikasjoner som planlagte eksport rørledninger på Ormen Lange, referanse /30/. En tar også utgangspunkt i at betong og korrosjonsbeskyttelsen allerede er fjernet. Kutteverktøyet skal altså i dette tilfellet kun kutte stålrøret. Kuttet skal heller ikke være av en slik kvalitet, at den kan brukes som en sveisefuge uten videre bearbeiding. Tegninger av konseptet skal ikke være på konstruksjons nivå, men målsatt der det er hensiktsmessig for forståelsen. Kun hovedkomponenter i hydraulikksystemet vil bli beskrevet. Instrumentering og styringer på en slik måte at funksjonen kommer klart fram, det vil ikke bli laget komplett oversikt over all instrumentering og styring.

1.5.2 Patentbegrensninger

Kutteverktøyet 630SB, fra TriTools Inc er patent beskyttet både i USA og internasjonalt. Patentrettighetene omfatter ikke bare dette spesielle verktøyet, men også til en viss grad prinsippet om denne typen kutting av rør, ved hjelp av skjæreverktøy. Dette gir en del begrensninger. Alle forslag til forandringer på det allerede eksisterende verktøyet, må ses på som en analyse av hva som vil kreves av tilleggs funksjoner for å kunne tilpasse dette verktøyet til bruk under vann. Eventuelle fysiske forandringer på et verktøy av denne typen må først godkjennes av TriTools Inc Forfatteren av dette hovedprosjektet fraskriver seg alt ansvar for fysiske forandringer gjort uten TriTools Inc sitt samtykke på bakgrunn av resultatene i denne rapporten. Alle spesifikasjoner i forhold til 630SB er hentet fra TriTools Inc. sin hjemmeside og er tilgjengelige for offentligheten. I tillegg er det satt opp et sammendrag over hvilke patenter som er knyttet opp mot dette verktøyet. Vedlegg [1].

1.6 Designkrav

Det er satt en rekke krav som designet er nødt til å oppfylle, disse regnes som ufravikelige. Design kravene er rammene for utviklingen av det nye kutteverktøyet. Det er også et krav at designet er utført i henhold til gjeldende standarder. Referanse /23-30/

1.6.1 Designkrav kutteverktøy

- Nøytral oppdrift, maks 25kg negativ oppdrift
- Totalt fjernstyrt
- Verktøyet skal kunne evakueres uten skade ved en total svikt i TSM
- Posisjonering på rørledning, 90° på horisontal akse i røret
- Overvåkning av kutteprosessen og verktøyet med kameraer og lys
- Tiltak mot fastklemming av kutteverktøy i kuttet
- Automatisk mating av skjærestål
- Varsel om gjennomslag i røret, ferdig kutt
- Stor grad av drifts sikkerhet i kutteprosessen
- Konstrueres for vandyp ned til 2000msv
- Designes for neddykket arbeid i en periode av 30 dager
- Designet skal ta utgangspunkt i et 30" rør
- Rør spesifikasjoner tilsvarende eksport rørene på Ormen Lange
- Maks dimensjoner: 1000x3000x2500 mm, (LxBxH)
- Kutteverktøyet kutter røret slik det er, en skal ikke prøve å rette opp eventuell ovalitet i røret

1.6.2 Designkrav for tileggsutrustning på TSM

- TSM må være ballansert både i tørr og våt atmosfære
- Holder for kutteverktøyet skal være utformet slik at kutteverktøyet kan transporteres sikkert ved en svikt i hydraulisk tilførselen i TSM
- Holder for kutteverktøyet på TSM skal boltes fast, ikke sveises

2 Metoder

2.1 Arbeidsmetodikk

For å løse problemstillingen i oppgaven vil en ta utgangspunkt i de designkravene som er framsatt. Først må det arbeides frem tekniske løsninger på de spesifikke kravene. Deretter må disse settes sammen i en struktur som utgjør det komplette kutteverktøyet. Alle forslag til forandringer og konstruksjoner må samtidig oppfylle de kravene som fremgår av relevante standarder. Selve konstruksjonsarbeidet vil bli gjort med hjelp av konstruksjonsprogrammet Autodesk Inventor 6. For å bekrefte resultatene gitt av dette programmet vil de bli etterprøvd med beregninger der hvor dette er mulig.

2.2 Autodesk Inventor 6

Autodesk Inventor 6 er et komplett konstruksjons program. Det gir en mulighet til å konstruere sammensatte detaljer som kan vises i 3D. Den store fordelen med dette programmet er at det gir en mulighet til å kunne velge konstruksjonsmateriale, for vær enkelt detalj i konstruksjonen. På bakgrunn av dette kan en så hente opplysninger som: egenvekt, volum og tyngdepunkt.

Resultatene fra Autodesk Inventor 6 vil avvike noe fra virkeligheten, dette på grunn av at skjæreverktøyet fra TriTools Inc er sammensatt av mange deler som en ikke har material egenskaper på. Dette vil til en hvis grad også gjelde for tilleggsutrustning som hydraulikk komponenter, kameraer og lignende. Dette er løst på to måter. For skjæreverktøyet og hydraulikksylindere er det valgt å bruke et egnet materiale fra Autodesk Inventor 6 sin material liste. For tilleggsutrusting som kameraer er det beregnet en egenvekt på bakgrunn av opplysninger om tørrvekt og volum. Det er så opprettet et "kamera materiale" med denne egenvekten, slik at egenskapen kan tillegges komponentene i konstruksjonen. Dette vil gi noe avvik, men som del av et konseptstudie er de akseptable. Avviket vil bli etterprøvd med sammenligning av det tegnede konstruksjonselementet og det opprinnelige kameraet.

2.3 Dimensjonering og styrkeberegninger for konstruksjonselementer

Styrkeberegninger for konstruksjonselementer og dimensjonering vil i den grad det er mulig bli utført nøyaktig. Det er en del usikkerhetsmomenter rundt skjæreverktøyet som gjør at en blir nødt til å sette noen referanse verdier som utgangspunkt, dette vil det bli gjort spesielt rede for. Dimensjonering av bolter vil ikke bli gjort, heller ikke sveisesammenføyninger.

2.4 Beregningsmodell for dimensjonering av hydraulikksylindere

Sylinderteknikk er et firma som produserer hydrauliske sylindere. På deres hjemmeside er det en interaktivt beregningsmodell for dimensjonering av hydrauliske sylindere. Formelverket denne beregningsmodellen er bygget på er overens med DnVs godkjenningsprogram for hydrauliske sylindere. Referanse /15/. Modellen beregner faren for knekk i en sylinder, kraft i sylindrestang, både for trekk og skyv, hastighet på sylindrestang og stempel areal på begge sider av stempelet. Disse beregningene er retningsgivende for min dimensjonering, siden det her skal brukes sylindere med fjær retur, må fjær kraften også beregnes og tas med. Resultatene fra beregningsmodellen er gjengitt i et eget dokument. Vedlegg [2].



2.5 Materialvalg

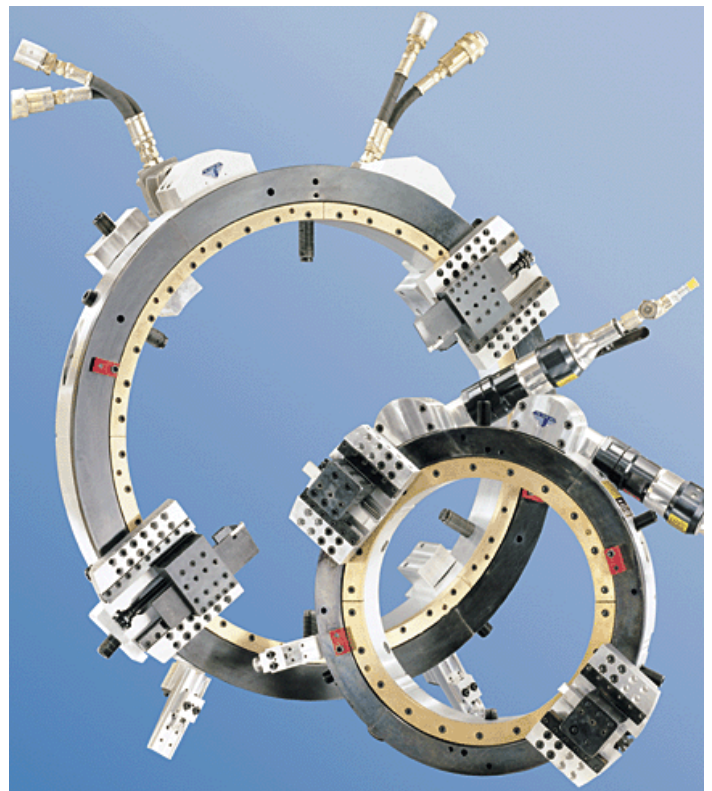
Materialvalg er gjort på en slik måte at det er mest hensiktsmessig for helheten i designet. Alle materialvalg er i tråd med gjeldende Norsok Standarder. Herunder kommer også analyser av korrosjonsproblemer.

3 Analyse av problemstillinger

Kutteverktøyet skal knyttes opp mot den allerede eksisterende TSM. Denne vil fungere som base for kutteverktøyet. TSM leverer hydraulisk kraft til kutteverktøyet samt strøm til lys og overvåkningskameraer. Alle signaler for styring og overvåkning går via TSM. Selve styringen skjer fra et overflatefartøy. Kutteverktøyet transporteres fra TSM og til rørledningen ved hjelp av en ROV. Så snart verktøyet er på plass frigjøres ROV, og kan dermed benyttes til andre formål fram til kuttingen er fullført.

3.1 Clamshell Cutter mod. 630SB, TriTools Inc.

Skjæreverktøyet består av to ringer der en er stillestående og en roterer rundt sin egen akse. De to ringene henger sammen ved hjelp av et konisk formet glidelager. De to ringene er konstruert slik at de kan splittes opp i to halvmåner. En kan dermed plassere de to halvmånene på et rør, sette dem sammen til en ring som gir et fungerende skjæreverktøy. Verktøyet drives av to hydraulikk motorer plassert i den stillestående ringen. Selve skjæringen blir besørget av to skjærestål som er montert i holdere på den roterende ringen. Disse holderne har et mateverk som gjør at skjærestålet får en radiell mating når ringen roterer. Fastspenningen mot røret skjer ved hjelp av bolter i den faste ringen. Verktøyet er også utstyrt med fire støttelabber som skal sikre posisjonen på røret.



Figur 3.1 "Clamshell Cutter- SB series"
Kilde: TriTools Inc.

3.1.1 Tekniske spesifikasjoner

Tekniske spesifikasjoner for 630SB er gitt i et eget dokument fra Tritools Inc. Vedlegg [3]. Dessverre er dette dokumentet noe ufullstendig, flere viktige data mangler. Det sies ikke noe om hydraulisk motoreffekt, dreiemoment i skjæreverktøyet, fastspennings momenter og sammenstillings momenter. Det gis ikke noen opplysninger om dreiehastigheter ved hydraulisk drift, men ved pneumatisk drift er maksimal hastighet 3,5 o/min. Denne hastigheten vil bli brukt som referanse videre i rapporten. Effekt behovet er ikke oppgitt, men refererer til et anbefalt hydraulisk aggregat som TriTools Inc produserer. Dette leverer en hydraulisk kraft med en strømning på 20 GPM (Gallons Pr. Minute), omregnet blir det 75,708 l/min. Trykk potensialet til dette aggregatet er ikke spesifisert.

3.1.2 Modifiseringer for undervanns bruk

Material kvalitetene i skjæreverktøyet er ikke tilgjengelige, så en har ingen mulighet til å utale seg i forhold til korrosjons bestandighet. På grunn av det ekstreme miljøet verktøyet vil befinne seg i er dette utslagsgivende. Rustfrie stål, titan og sjøvannsbestandig aluminium er de mest naturlige materialene å benytte i en slik sammenheng. Kutteverktøyet må oppgraderes i forhold til dette.

Lukking og låsing:

Verktøyet må utstyres med en hengsel og en låsemekanisme. Skjæreverktøyet kan leveres fra fabrikanten med hengsel påmontert, tekniske spesifikasjoner for denne er ikke tilgjengelige. Hengslen må være av en slik dimensjon at den tåler de kreftene som oppstår når skjæreverktøyet spennes fast mot røret, samtidig må den være retnings stabil slik at en får en problemfri entring i låsemekanismen. Låsemekanismen må være designet på en slik måte at den kan åpne ved en svikt i kraftforsyningen fra TSM. Det må også være en lukkemekanisme for å bringe de to halvmånene i skjæreverktøyet sammen før låsing. Lukke mekanismen skal også kunne åpnes ved en svikt i TSM. Det vil være mest hensiktsmessig å benytte hydrauliske komponenter i låsemekanismen og lukkemekanismen. Elektriske komponenter vil være mer sårbare for skader og feil i et sjøvannsmiljø. TSM har gode styrings muligheter ved bruk av hydrauliske komponenter, det er derfor naturlig å velge en løsning som er hydraulikkbasert.

Fastspenning:

Fastspenningen av skjæreverktøyet mot røret gjøres ved hjelp av bolter og støttelabber. Dette er en metode som ikke er særlig anvendelig ved fjernstyring. Bruk av hydrauliske sylindere til fastspenningen fremstår som det beste alternativet. Fastspenningen må dimensjoneres slik at en er sikker på at skjæreverktøyet står stabilt, uten at det er fare for deformasjon av skjæreverktøyet. Også fastspenningen må kunne åpnes ved en svikt i TSM.

Mateverket:

Mateverket kan i dag kun reverseres ved å reversere dreieretningen på skjæreverktøyet. En ønsker å kunne overstyre mateverket, slik at matingen er mulig å regulere uavhengig av rotasjonen i skjæreverktøyet. Dette er nødvendig fordi det vil bli for tid krevende å reversere skjærestålene kun ved hjelp av reversering av dreieretningen på skjæreverktøyet. Samtidig er må det være mulig å trekke ut skjærestålet fra kuttet, eventuelt å frigjøre skjærestålet fra skjæreverktøyet dersom dette skulle bli fastlåst i kuttet. For å minimere antall hydrauliske komponenter på verktøyet ser en for seg at det skal kunne gjøres ved hjelp av en ROV. Når kuttet er ferdig går ROV inn, kobler seg til mateverket og reverserer kuttetstålet, dermed kan verktøyet flyttes og utføre flere kutteoperasjoner uten å tas opp til overflaten. Eventuelle løsninger på dette kan ikke vises i detalj fordi en ikke har nøyaktige opplysninger om hvordan mateverket er bygget opp. Virkemåten i en eventuell løsning vil bli beskrevet istedenfor. En slik overstyring gir en også mulighet til å velge om en skal kjøre med ett eller flere skjærestål samtidig. Det kan være hensiktsmessig å kun benytte et skjærestål og ha et eller flere i reserve. På den annen side er det sannsynlig å tro at en oppnår bedre stabilitet i skjæreverktøyet ved å kjøre med to motstående skjærestål.



Kutte hastighet:

Kuttehastighet er underordnet i forhold til håndtering, installasjon og kuttessikkerhet. Optimalisering av kuttehastighet som går på kuttessikkerheten er ikke ønskelig. Et avbrutt kutt og opphenting av verktøyet for reparasjon, vil være vesentlig dyrere enn en liten potensiell innsparing på kuttehastighet. Normalt sett er det all håndteringen før start av operasjonen som tar tid, ikke kutteprosessen i seg selv.

Nødsystemer:

Dersom TSM svikter skal kutteverktøyet kunne åpnes slik at det er mulig å frigjøre det fra røret og evakuere det. Dette innebærer at det må være et nødsystem som gjør at ringene i skjæreverktøyet kan kjøres i en posisjon hvor det er mulig å åpne det. Det må også være mulig å åpne låsemekanismen og løse fastspenningen mot røret. Dette kan løses ved å ha et reserve system i TSM, som sikrer nok kraft til å kunne utføre de nødvendige operasjonene for å frigjøre kutteverktøyet. Et slikt reserve system vil i midlertid bli vanskelig å styre ved en totalsvikt i TSM. Løsninger som er basert på operering ved hjelp av ROV fremstår som et bedre alternativ. Nød systemet bør ikke være avhengig av TSM på noen måte for å kunne fungere. For å unngå at dette systemet løser ut utilsiktet vil det bli gitt en sperre som må oppheves manuelt av en ROV før det aktiviseres.

3.2 Skjærestål

Skjærestålet er den mest utsatte og mest sårbare komponenten i hele systemet, en svikt eller skade på skjærestålet vil føre til at hele prosessen må avbrytes og at kutteverktøyet må bringes til overflaten for reparasjon. En er derfor avhengig av at skjærestålet er av en slik kvalitet at faren for svikt er minst mulig. Skjærestålet må ha en geometri som gjør at faren for fastklemming i kuttet minimeres.

3.2.1 Krav til skjærestål

Skjærestålene må være av en svært høy kvalitet. De må ha stor grad av pålitelighet mot brudd og skader i skjæreggen. De skal benyttes undervann i et korrosivt miljø, det er derfor et krav at de er korrosjonsbestandige. Skjærestålene må oppfylle de samme kravene til korrosjonsbestandighet som resten av kutteverktøyet. Profilen i skjærestålet må være slik at det ikke er muligheter for at det kan låse seg fast i kuttet, dersom det skulle oppstå bevegelser i rørledningen.

3.3 Posisjonering og stabilitet

Kutteverktøyet må bestå av mer en kun selve skjæreverktøyet. Posisjonering og stabilitet er nøkkelford i konstruksjonen av kutteverktøyet. En må være sikker på at kutteverktøyet er montert på røret på en slik måte at skjæreporsessen kan forløpe seg uproblematisk. En må også være sikker på at kuttet bli vinkelrett i forhold til rørets horisontal akse. For å oppnå dette må skjæreverktøyet tilknyttes en konstruksjon, eller utstyres med tileggsutstyr som ivaretar disse funksjonene. Samtidig er det et overordnet mål at konstruksjonen skal være enklest mulig, med færrest mulig funksjoner som krever fjernstyring. Grunnen til dette er ganske enkelt, færre funksjoner, færre feilmuligheter. Skjæreverktøyet i seg selv er en lie stabil konstruksjon. Det vil være hensiktsmessig å sikre det en avstivning i rørets lengde akse. Desto lenger denne avstivningen blir desto mer stabilt vil kutteverktøyet bli. Samtidig har en design kravet som sier at kutteverktøyet ikke skal ha en større total lengde en 1000 mm. En ser for seg en løsning med en støttering parallelt med skjæreverktøyet. Disse blir like stor og bundet sammen med et rammeverk. På denne måten vil en hente ut maksimal stabilitet fra den tilrådelige total lengden på 1000mm. Ringen utstyres med en hengsel slik at hele verktøyet



kan åpnes som en klo og settes ned over røret. Når det blir lukket sammen vil det gripe rundt røret og posisjoneringen er sikret. Oppdrifts legemet kan monteres på dette rammeverket slik at det virker over hele verktøyets lengde, dermed kan oppdrifts legemet gjøres lavere. Det vil forhåpentlig gi en gevinst i form av stabilitet ved bevegelse i vann.

3.4 Trykkpåkjenninger

Vanddypet tilsier at kutteverktøyet vil bli påvirket av forholdsvis stor trykkbelastning. Det medfører en fare for implodering av luftfylte hulrom i konstruksjonen. En løsning er å dimensjonere slik at dette ikke kan inntreffe. Ulempen med en slik løsning er at konstruksjonen vil bli tung, det er ikke ønskelig. En annen mulighet er å ventilere alle hulrom slik at de blir fylt med sjøvann og trykkutlignet. Da kan all dimensjonering gjøres på samme grunnlag som en ville gjort i tørr atmosfære. Det vil gi et mye mer fordelaktig resultat med tanke på vekt.

3.5 Tilleggsutrustning

3.5.1 Overvåkning

I og med at kutteverktøyet skal være totalt fjernstyrt vil det være behov for et overvåknings system slik at operatøren i overflate fartøyet til en hver tid har kontroll over kutteprosessen. Det mest hensiktsmessige vil være å benytte kameraer. Kameraer gir et sant bilde av hendelsesforløpet og er lett forståelig informasjon. Det er ønskelig at en har full dekning over hele kuttetsonen, og mulighet til å kontrollere posisjoneringen ved montering på røret. På 2000 meters dyp er det ikke noe naturlig lys en vil derfor være avhengig av lyskilder. Det vil være en fordel om kameraene har muligheter for bevegelse og zoom. Det gir en muligheten til å studere mindre detaljer og velge en vinkling av bildet som gir best mulig overblikk. Bilde kvaliteten må være god i og med at skjærestålet og kuttet er forholdsvis små av dimensjoner. Kameraene må være kompatible med kontaktene i TSM. Kontaktene i TSM er en standard som alt verktøy tilkoblet TSM er utstyrt etter, et bytte av kontakter vil få følger for annet utstyr.

3.5.2 Ballansering og dimensjonering av oppdriftslegeme

Oppdriftslegemets størrelse beregnes ut fra totalvekten på kutteverktøyet, virknings graden blir forholdsvis liten ved store dyp, anslagsvis 0,4 - 0,5. Det er derfor viktig at egenvekten til kutteverktøyet reduseres til et minimum, slik at oppdrifts legeme ikke blir uforholdsmessig stort. Geometrien til oppdrifts legemet må ses i sammenheng med ballansen i kutteverktøyet. Det er ønskelig at kutteverktøyet ikke bare har nøytral oppdrift, men at det også er ballansert i alle plan. Dette vil gjøre ROV håndteringen enklest mulig. Tyngdepunktet til kutteverktøyet er mulig å hente ut fra Autodesk Inventor 6.

3.5.3 TMS, Tether Management System

Kabler og slanger samles i en pakke, som kalles for en tether. Tether management systemet styrer utlegget av tether mellom TSM og kutteverktøyet. Behovet for tether vil være ca 10 - 15 m. Tetheren må utstyres med et eller flere oppdrifts legemer slik at den ikke synker til bunns og setter seg fast i obstruksjoner på bunnen eller i annet utstyr som er i bruk. Tetheren må inneholde de nødvendige kabler og slanger for drift av kutteverktøyet.



3.5.4 Løfteanordninger

Kutteverktøyet må ha et tilkoblings punkt for ROV under transport fra TSM til røret.

Utformingen av dette må ses i sammenheng med geometrien i gripe utstyret, som manipulatoren på ROV er utstyrt med. Dimensjoneringen holdes innenfor design kravet om maksimal negativ oppdrift på 25 kg. Men en må samtidig ta hensyn til belastninger som oppstår på grunn av treghet med bevegelse i vann. Materialet i tilkoblings punktet må være av en slik kvalitet at det ikke er fare for at gripeutstyret kan påføre det skade.

Kutteverktøyet må også ha et eller flere løftepunkter for løft i tørr atmosfære.

Sammenfallende løftepunkter vil være vanskelig å gjennom føre i praksis. Dette fordi tyngdepunktet vil være forskjellig i tørr og våt atmosfære. Det vil derfor være behov for to ulike løfte punkt. Hullene etter de gamle fastspennings boltene burde være godt egnet for innfesting av løftepunkter.

3.6 TSM, Tool Support Module

TSM har i dag en begrensning på 600 msv. Designet skal allikevel ta utgangspunkt i dagens tekniske spesifikasjoner selv om kutteverktøyet designes for 2000 msv. Eventuelle tilpassninger på TSM i forhold til økt arbeidsdybde faller utenfor denne oppgaven.

3.6.1 Tekniske spesifikasjoner

Disse tekniske spesifikasjonene er hentet fra CONTRACT No.4600003324-JV02, TSM-Spesifications som tidligere omtalt.

Hydraulikk tilgjengelig er 210 bar, 110 l/min.

Det gir en tilgjengelig effekt på 38,5 Kw

Hver verktøy posisjon har 12 stk 2 veis NG4 ventiler tilgjengelig. 2 av ventilene (hver med 2 veis funksjon) kan benyttes for å pilotere NG10 ventiler for applikasjoner der man har behov for høyt oljevolum til en funksjon.

Det er tilgjengelig 24 sensor innganger, 3 kamerainnganger med tilhørende lys og pan/tilt kontroll.

3.6.2 Ballansering av TSM

Et ufravikelig designkrav for TSM er at den er ballansert både i tørr og våt atmosfære.

Problemet er at kutteverktøyet har forskjellig vekt i tørr og våt atmosfære på grunn av oppdriften som vannet genererer. Kutteverktøyet skal være tilnærmet nøytralt under vann, men det har en egenvekt i luft, det er kun et legeme som har tilsvarende egenskaper, og som vil være fornuftig å bruke i dette tilfellet, og det er vann. Ved å montere en liten vanntank på motsatt side av TSM er problemet eliminert.

3.6.3 Holder for kutteverktøyet

Kutteverktøyet må ha en holder på TSM. Holderen må være stabil slik at kutteverktøyet er sikkert opplagret under transporten fra overflaten og ned til havbunnen. Konstruksjonen må være enkel og driftssikker, slik at en ikke risikerer å måtte evakuere kutteverktøyet hengende løst etter TSM. Ved å la denne få form som ett stykke rør i tilsvarende dimensjon, som det kutteverktøyet er designet for vil en ha en god å stabil opplagring av verktøyet. Dette innebærer at TSM må levere hydraulisk kraft på overflaten slik at kutteverktøyet kan lukkes og låses. En må forsikre seg om at det er uproblematisk å kjøre hydraulikken i TSM i luft atmosfære, overoppheting av oljen kan bli et problem siden hydraulikkaggregatet normalt er avkjølt av sjøvann. Holderen må også ha muligheter for fastlåsing av verktøyet ved svikt i



TSM, det vil si at det må være en mulighet for fastspenning som ikke er basert på hydraulisk kraft. Dette må være basert på at det skal kunne opereres ved hjelp av ROV.

3.7 Materialvalg

3.7.1 Krav

Materialene som benyttes bør være korrosjonsbestandige uten overflatebehandling. Kutteverktøyet vil bli utsatt for en del påkjenninger under håndteringen, skader og slitasje i en eventuell korrosjonsbeskyttelse er derfor sannsynlig at vil oppstå. Samtidig er egenvekt av stor betydning. For at ikke oppdriftslegeme skal bli uforholdsmessig stort må vekten reduseres til et minimum. Aluminium skiller seg derfor ut som et naturlig material valg. Rustfrie ståltyper på utsatte deler med store belastninger. Titan er også mulig, men det er relativt kostbart sammenlignet med aluminium og vil derfor bare brukes på spesielt egnede komponenter.

3.7.2 Korrosjonsbehandling

Kombinasjonen av aluminium og stål i kontakt kan gi korrosjonsproblemer, på grunn av spenningsforskjeller i materialet. Den samme problemstillingen oppstår ved kombinasjon av korroderende stål og et korrosjonsbestandig materiale. Dette kan løses på to måter. Enten ved å sette inn offeranoder, for eksempel sink anoder. Eller ved å isolere materialene fra hverandre i sammenføyningene ved hjelp av et ikke ledende materiale som for eksempel teflon.

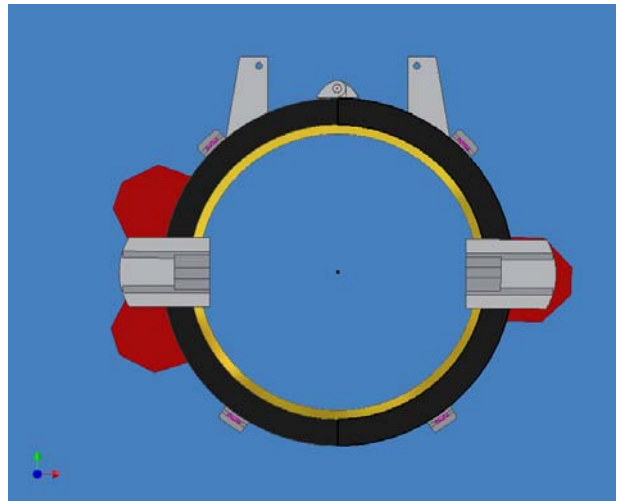
4 Resultater

4.1 Mulig designløsning av kutteverktøyet

Designløsningen er resultatet av de valgene som er tatt i analysen av problemstillingene. Tegninger av kutte verktøyet og delene er vist i vedlegg [4]

4.1.1 Skjæreverktøyet

Skjæreverktøyet beholdes i stor grad slik det er i dag, men noen forandringer må gjøres for å tilpasse det til undervannsbruk. Mateverk, hengsler og låsemekanismen blir omtalt spesielt i egne kapitler, kapittel 4.1-2,4,5. Opprinnelig er skjæreverktøyet utstyrt med støttelabber og bolter for fastspenning mot røret, disse fjernes. En ny fast støtte settes inn i den faststående ringens overkant, denne må utstyres med en kappe, som skal sikre at fremmedlegemer trenger inn i hengsleåpningen å forhindre lukkingen av verktøyet. For å låse skjæreverktøyet mot røret settes det inn to hydraulikksylindere. Når disse blir aktivert vil røret bli spent fast mellom disse tre punktene, den faste støtten og hydraulikksylindrene.

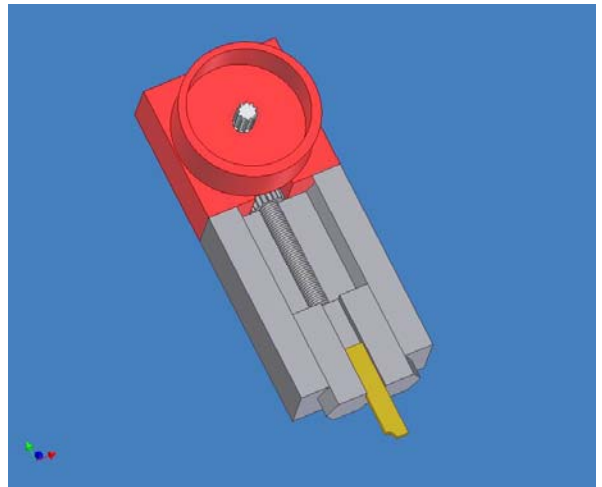


Figur 4.1.1a "Kutteverktøyet"

De hydrauliske sylindrene er utstyrt med sensorer, se kapittel 4.8, slik at en til en hver tid vet hvor langt de er kjørt ut. De to hydrauliske drivmotorene beholdes slik de er, men det kommer i tillegg en ny motor som er ROV operert. Denne skal fungere som en nød motor for posisjonering av ringene i skjæreverktøyet ved en svikt i TSM. Ved å koble en ROV til denne motoren kan ringene i skjæreverktøyet kjøres til en posisjon hvor det er mulig å åpne verktøyet. Denne motoren plasseres på motsatt side av de opprinnelige drivmotorene. Dette for å ivareta ballansen i verktøyet. Lukkingen av skjæreverktøyet skjer ved hjelp av en overliggende hydraulisk sylinder, festene til denne er en del av den faste ringen noe som gjør at en får sterke og stabile opplagringspunkter.

4.1.2 Mateverket

Mateverket må gis mulighet for overstyring med ROV, ved en svikt i kraftforsyningen og/eller en skade på skjærestålet skal en kunne tvangskjøre mateverket slik at ikke kutteverktøyet låses fast. Overstyringen skal også gi mulighet for reversering av mateverket slik at kutteverktøyet kan flyttes og foreta et nytt kutt uten å hentes opp til overflaten for tilbakestilling av mateverket. Grunnen til at en velger denne løsningen med overstyring med ROV er at det reduserer antall hydrauliske komponenter i selve kutteverktøyet. Overstyringen skal også ha en funksjon som gjør at en kan slå av eller på matingen i mateverket.

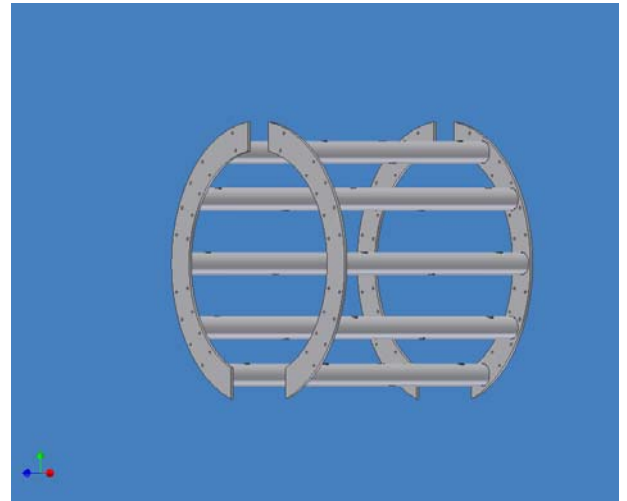


Figur 4.1.2 Mateverket

Dermed kan en velge om en vil kjøre med ett eller flere skjærestål, ved en eventuell skade kan mateverket reverseres og matingen slås av. Mateverket med tilleggsutstyr kan ikke tegnes nøyaktig fordi tekniske spesifikasjoner og tegninger av denne delen av skjæreverktøyet ikke er tilgjengelige fra TriTools. På dagens utgave av skjæreverktøyet styres matingen ved at et tannhjul i mateverket dreies rundt hver gang det passerer et referansepunkt på ledningen. Dette gir en radiell mating på 0,10 mm for hver passering. Dette er litt uheldig fordi en får et ”hogg” på skjærestålet ved en så stor økning i matingen, samtidig er referansepunktet konstruert som en veldig utsatt del montert på hovedringen. Forbedringen her består av to punkter, for det første deles matingen opp ved å erstatte det gamle referansepunktet med flere referansepunkter, for det andre må referansepunktene forbedres. Ved å øke antallet referansepunkter til fire vil en få en mye smidigere mating med mindre belastning på skjærestålet. Referansepunktene får en nytt design. Dette er mer strømlinjeformet og faren for skader under operasjon reduseres. De nye referansepunktene har et spor hvor det kan settes inn tannhjul segmenter, ved å forandre antall tenner i segmentet kan en forandre på matingen, noe som ikke var mulig med det opprinnelige referansepunktet.

4.1.3 Rammeverk og åpen ring

En har valgt å lage et rammeverk i sjøvannsbestandig aluminium, dette kobles sammen med skjæreverktøyet og den åpne ringen ved hjelp av bolter. Rammeverket består av to deler, to nesten identiske rammer. Rammene monteres mellom skjæreverktøyet og den åpne ringen. Grunnen til at den bakre ringen er åpen i bunn og ikke hel slik som skjæreverktøyet er at en ikke ønsker en låsemekanisme i denne ringen. Dette for å redusere bruken av hydrauliske komponenter. Den åpne ringen har som oppgave å sikre posisjonen på røret. Med to ringe slik som skjæreverktøyet og den åpne ringen, vil kutteverktøyet bli posisjonert parallelt med rørets horisontal-akse.

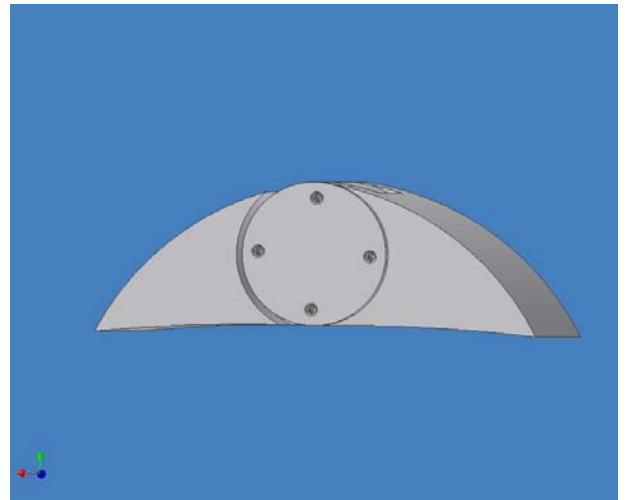


Figur 4.1.3 Rammeverk

Den åpne ringen skal ikke ta opp noen krefter forbundet med kuttingen, den har derfor ikke hydrauliske sylindere som låser den fast mot røret, kun faste anlegg. Disse anleggene, tre stk, plasseres symmetrisk i kutteverktøyet og den åpne ringen. Anleggene i den åpne ringen skal ikke utøve noe press på røret, kun sikre posisjonen. Det vil derfor ikke være snakk om noen krefter av betydning når denne ringen skal dimensjoneres. Det som imidlertid vil spille en rolle er denne ringens påvirkning av ballansen i kutteverktøyet, dette må igjen ses i sammenheng med dimensjoneringen og formen av oppdriftslegeme. Det vil være fornuftig å dimensjonere den åpne ringen slik at den har noe tyngde, det vil være fordelaktig for å oppnå en god ballanse i kutteverktøyet. Posisjonering på røret ved installasjon av kutteverktøyet vil dermed bli enklere. Rammeverket og den åpne ringen er konstruert slik at de følger bevegelsen til skjæreverktøyet ved åpning og lukking. Kraften for åpning og lukking besørges utelukkende av lukkesylindere på skjæreverktøyet.

4.1.4 Hengsler

Et viktig moment for hengslene er at den åpne ringen og kutteverktøyet har samme diameter slik at de får en sammenfallende akse gjennom hengslene. Avvik fra dette vil resultere i at det ikke er mulig å åpne verktøyet. Hengslen på skjæreverktøyet må være dimensjonert slik at den tåler de kreftene som oppstår når skjæreverktøyet spennes fast mot røret. På kutteverktøyet må hengslen være i rustfritt stål, spenningskorrosjon kan ikke aksepteres i en så utsatt del. På den åpne ringen kan den være av aluminium, men rustfritt stål er å foretrekke. Begge hengsler må utstyres med smøre nippler slik at en kan etablere et smøresjikt i hengslen.



Figur 4.1.4 Hengsel

Fastlåste hengsler vil være fatalt siden en da ikke har mulighet til å løse kutteverktøyet fra røret uten å demontere det, noe som vil være svært vanskelig i en slik sammenheng. Hengslene skal boltes fast i ringene, dermed er det mulig å skifte dem ut ved en eventuell skade. Hengslene får uttrekkbar spindel slik at verktøyet kan deles uten å løse hengslen fra ringene.

4.1.5 Låsemekanismen

Låsemekanismen er hydraulisk styrt, den består av en bolt med en konisk ende og et todelt anlegg på endene av den faststående ringen i skjæreverktøyet. Når ringen lukkes vil anleggene overlappe hverandre, låsebolten drives inn i et hull gjennom anlegget og låser ringen sammen. Sylindrestangen i låsesylinderen fungerer som låsebolt. Den koniske formen er valgt for å sikre problemfri entring i låsen. Den hydrauliske sylinderen som driver låsebolten har fjær retur slik at en ikke er avhengig av hydraulisk kraft ved åpning, dette muliggjør også automatisk åpning ved svikt i TSM. Grunnen til at en har valgt å bare ha en bolt i låsemekanismen er at desto lenger låsemekanismen strekker seg langs ringen desto mer må kutteverktøyet åpnes for å kunne entre det på røret.

4.1.6 Nødssystemer

For å kunne åpne kutteverktøyet er en avhengig av at ringene i skjære verktøyet er korrekt posisjonert, et reserve hydraulikksystem vil ta uforholdsmessig stor plass og være komplisert i drift. En velger derfor å utstyre skjæreverktøyet med en tredje motor som er ROV operert. Ved en svikt i hydraulisk kraften kan en gå inn og overstyre skjæreverktøyet med denne motoren. Nøyaktig utførelse på denne er ikke mulig å angi siden en ikke vet hvordan skjære verktøyet er bygget opp innvendig. Alle hydraulikksylindrene i kutteverktøyet skal utstyres med fjær retur slik at de åpner seg ved en eventuell svikt i TSM. For at ikke dette skal kunne skje utilsiktet må hydraulikksystemet bygges opp slik at en beholder trykket på kutteverktøyet ved en svikt i TSM, det vil si at tilførsel og retur linene stenges. På kutteverktøyet skal det være en mekanisk sperre i form av en splint som må fjernes for å åpne disse og dermed kunne la fjær returen i sylindrene tre i kraft.

4.2 Mulig designløsning av tilleggsutrustning på TSM

4.2.1 Verktøyholder

Holderen til kutteverktøyet utformes som et rørsegment, som stikker horisontalt ut fra siden på TSM. Det boltes fast i rammen, sveising er ikke lov etter TSM krav i CONTRACT No.4600003324-JV02, TSM-Spesifications. Tegning av konstruksjonen er vist i vedlegg [5]. Materialet er rustfritt stål. Aluminium vil bli utsatt for skader siden kutteverktøyet må spennes fast mot holderen, hydraulikken i kutteverktøyet er dimensjonert for stål rør, et aluminiumsrør i samme dimensjon er på langt nær like sterkt så faren for skade blir uforholdsmessig stor. Vanlig korrosjons behandlet stål er også en mulighet, men også her vil det bli uforholdsmessig stor slitasje på korrosjonsbeskyttelsen ved fastspenning. Rustfritt stål fremstår derfor som det mest egnede alternativet. Korrosjons spenninger mellom TSM og verktøy holderen elimineres ved å isolere de to fra hverandre i boltefestene ved hjelp av plast hylser. Holderen utstyres med fire hylser som går fra overflaten av røret og skrått innover. Ved en svikt i TSM plasserer ROV kutteverktøyet på holderen. Deretter hentes låsestenger som er plaser på TSM og disse settes inn i hylsene. Dermed vil kutteverktøyet være forsvarlig sikret under transporten til overflaten.

4.2.2 Ballansering av TSM

Vanntank for ballansering av TSM dimensjoneres i forhold til den samlede tørrvekten til kutteverktøyet og verktøyholderen. For at vanntankens egenvekt i vann skal bli tilnærmet lik verktøyholderens, skal denne konstrueres i et egnet plastmateriale. En konstruksjon i et metallisk materiale ville gitt en uballanse i våt tilstand noe som ikke ville vært i tråd med design kravet om ballansering av TSM.

4.3 Materialvalg

Materialvalget er gjort på bakgrunn av to hovedfaktorer, krav til korrosjonsbestandighet og krav om lav vekt.

4.3.1 Endelig material valg

Skjæreverktøyet: Rustfritt stål i alle komponenter

Rammeverk: Aluminium,

Åpen ring: Aluminium

Hengsler: Rustfritt stål

Bolter: Rustfritt stål

Tilkoblingspunkt for ROV: Aluminium

Løfte ører for løfting i tørr atmosfære: Rustfritt stål

Hydraulikk sylindere: Titan, i låsesylinderen er derimot sylindrestangen av rustfritt stål.

Vanntank for ballansering av TSM: Plast

4.3.2 Korrosjonsbehandling

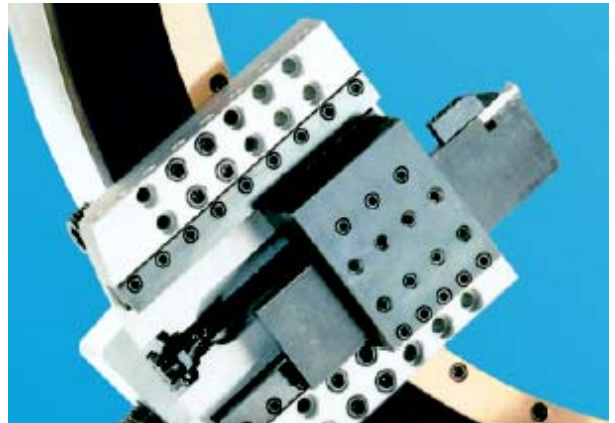
En har i utgangspunktet valgt å benytte materialer som er svært korrosjonsbestandige i seg selv, men siden verktøyet skal kunne operere i nedsenket tilstand over en periode på opptil 30 døgn er det muligheter for spennings korrosjon mellom materialene. For å begrense dette velger en å utstyre kutteverktøyet med offeranoder av et passende materiale som for eksempel sink. Dette er i tråd med Norsok standard: M-503 Cathodic protection. Referanse /29/

4.4 Valg av skjære stål

Valget av skjærestål er basert på driftssikkerhet, tilgjengelighet og kunnskap hos leverandøren.

4.4.1 TriTools skjærestål

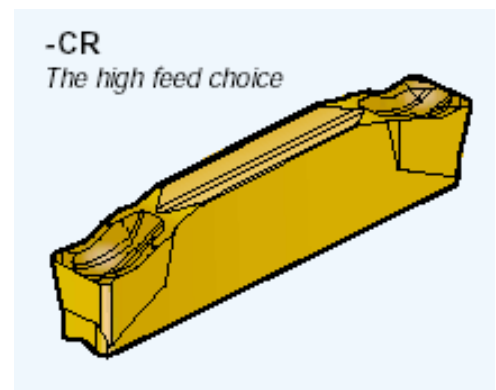
Skjæreverktøyet 630SB leveres med en rekke varianter av standard skjærstål, skjærestål til denne material typen er derimot ikke i standardutvalget ut fra de spesifikasjonene TriTools oppgir. Men skal være mulig å spesialbestille. Det som derimot ikke er spesifisert er hvor vidt disse stålene kan leveres i en korrosjonsbeskyttet utgave som tilfredstiller de kravene som her er satt. TriTools skjærestål er designet for 0,10 mm radiell mating.



Figur 3.2.2. Skjærestål,
Kilde TriTools

4.4.2 Sandvik Coromat

Sandvik Coromat er et spesial firma som innen skjærestål, de kan levere skjære stål som er korrosjonsbestandige og som tidligere har vert brukt under vann med gode resultater. De har to modeller å velge mellom, Coro Cut og T-MAX Q-Cut. Begge modeller leveres med tre forskjellige valg av kutte-egg, avhengig av matehastighet og ståltypen som skal skjæres. Dette er innsats stål med holder av samme type som TriTools benytter. Dette er det til en viss grad standard størrelser på, men det er mulig at det må gjøres mindre tilpassninger.



Figur 3.2.3. CoroCut,
Kilde Sandvik Coromant

4.4.3 Endelig skjærestål

Skjærestålene fra Sandvik Coromant fremstår som det beste alternativet. Disse har alle egenskapene en ønsker av skjærestålet og er godt innenfor de kravene som er framsatt.

Det aktuelle stålet har betegnelsen: **N123J1-0500-0004-CR.**

N: Rett egg

123: Typekode for CoroCut skjærestål

J: Skjærleie størrelse

1: antall skjæreegger

0500: Skjærebredde = 5,00 mm

CR: Geometri betegnelse. C = Avstikking, R = Høg mating, 0,06-0,4 mm/omdr.

Materialkvaliteten i skjærestålet er av type 2135-GC. Dette er en kvalitet beregnet for bruk på stål og rustfritt stål, spesielt godt egnet for rustfritt stål. Det har høy seighet framfor hardhet. GC indikerer at det er belagt med hardmetall/cermet for optimal styrke og skjære kvalitet, dette gjør også skjærestålet korrosjonsbestandig.

Egnet holder vil være: **N123J55-25A2**

N: Skjærestålets plassering i holder, N = Sentrert

123: Typekode for CoroCut skjærestål

J: Skærlægestorlek

55: Maksimalt utlegg: 55 mm

25: Høyden fra holderens underside til stålets skjære egg

A: Fastspennings system, A = Klemfjær

2: Antall fester for skjærestål i holderen

4.4.4 Beregning av skjærehastigheten

Beregninger kapittel 5.1 viser at en ved å bruke det valgte skjærestål fra Sandvik Coromant får en kraftig økning i potensiell skjærehastighet, uten at en beveger seg utover driftssikkerheten. Selv om dette er underordnet må det ses på som en gevinst.

4.5 Overvåkning, kamera og lys

Kutteverktøyet skal utstyres med tre kameraer. To plasseres over skjæreverktøyet, et på hver side. Disse plasseres på såkalt pan/tilt-sokkel slik at de kan beveges. Disse to kameraene plasseres slik at en både kan få et oversikts bilde over nesten hele kuttesonen og et nærbilde av over halve kuttesonen. Det tredje kameraet monteres i åpningen på den åpne ringen, og vil gi et bilde langs undersiden av røret. Dermed kan en se om posisjoneringen og låsingen blir korrekt, samt at dødvinkelen i kuttesonen fra til de to andre kameraene fanges opp.



Figur 3.5 Kamera med lyskilde



4.5.1 Valg av kamera

Kameraer som passer denne beskrivelsen kan leveres av Imenco. Dette er digitale fargekameraer med zoom som gir et meget godt bilde. Alle tre kameraene har innebygget lyskilde i form av en ring med lysdioder rundt kamera linsen. Digitalkameraer med zoom av denne typen med integrert lyskilde har ikke vært bygget før, men Imenco garanterer at det skal være mulig. Kameraene vil ha en dybdebegrensning på 3000msv. Tekniske spesifikasjoner, referanse /13/

4.6 Hydraulikk

Det er et krav at en skal kunne evakuere verktøyet uten skade ved svikt i TSM. På slike dyp det her er snakk om er det svært vanskelig, og kostbart å bygge opp et komplett reserve hydraulikk system. En har derfor valgt å benytte hydrauliske komponenter med mekanisk retur, det vil si fjærdrevet. Beregningene som er basert på modifiseringer av konvensjonelle hydraulikksylindere, viser derimot at dette ikke er mulig. Det er derimot mulig å utstyre TSM med en trykk forhøyer på det hydrauliske aggregatet, noe som øker trykket fra 210 bar til 800 bar. Det skal dermed være mulig å benytte høytrykks hydraulikk komponenter med fjær retur. Dette er komponenter som må spesiallages, men Sylinderteknikk AS garanterer at dette er mulig. Referanse /15/ og /22/. Et annet problem med bruk av fjær retur er at dersom slangen for tilførsel av hydraulisk kraft er for lang vil ikke fjæren greie å drive oljen tilbake. Med den volumstrømmen som er tilgjengelig fra TSM vil en ikke kunne ha lenger slange (tether) en 10 – 15 m.

4.7 Elektrisk

Man ønsker å begrense bruken av elektriske komponenter til et minimum siden disse er svært utsatte for feil i et miljø av denne typen. Behovet for lyskilder reduseres ved å bruke kameraer med integrert lyskilde. De eneste elektriske komponentene i kutteverktøyet vil være kameraene, posisjonsangiverne i de hydrauliske sylindrene og posisjonsangiveren på ringene i skjæreverktøyet. Dette er i hovedsak signal overføringer og de er compatible med kontaktene i TSM.

4.8 Instrumentering

Alle hydrauliske sylindere skal være med integrert induktiv posisjonsangivelse. Disse følerne er integrert i sylindren, med en giver inne i stempelet og en føler i sylinder veggen. Montering skjer hos sylinderprodusenten. Kontakter tilpasses TSM standart tilkobling Signaloverføringen er elektrisk. Følere for lukking er overflødig siden en har både posisjonsangivelse i lukkesylindren og visuell kontroll gjennom kamera. Ringene i skjæreverktøyet må også ha en føler for posisjons angivelse slik at en vet når ringene er korrekt posisjonert og skjæreverktøyet lar seg åpne. Signaloverføring skal i størst mulig grad skje ved hjelp av fiber optikk, noe som gir større overførings hastighet og mindre forsinkelse.

5 Resultater fra Autodesk Inventor 6

Resultatene fra Autodesk Inventor kan kun ses på som retningsgivende. Konstruksjonen er nøyaktig utført på detaljplan. På flere steder er det generalisert, dette er på grunn av at bakgrunns materialet ikke har vært tilstrekkelig for å kunne utføre nøyaktige konstruksjoner. Dataene for kutteverktøyet er hentet fra "File/Properties" menyen i Autodesk Inventor 6. Dette er reelle data basert på de material egenskapene hver enkelt del er tillagt.

5.1 Kutteverktøyet

5.1.1 Vekt og volum

Totalvekten til kutteverktøyet uten oppdriftslegemet: 316,915 kg

Volum kutteverktøyet: 0,1299 m³

6 Kraftberegninger og dimensjonering

6.1 Krefter i skjærestål og skjærehastighet

Beregning av krefter på skjærestål

Beregningene tar utgangspunkt i data for skjærestålet fra Sandvik Coromant, en maksimal mating på 0,4 mm/o og omdreiningshastighet på 3,5 o/min.

Det såkalte X70 stålet som er spesifisert for rørledningen er ikke listet i materialutvalget til Sandvik Coromant, en har derfor valgt et stål som skal være så tett opp til dette som mulig. Begge stålene er av typen superaustenittisk. Det valgte stålet har betegnelsen "2584" etter det svenske type systemet, i Sandvik Coromant sitt system heter dette stålet "15.23". Referanse /4/

Ut i fra tabell s.A320, referanse /3/ finner en at en får en spesifikk skjærekraft, $K_{c0,4} = 2700 \text{ N/mm}^2$

Skjærehastigheten beregnes etter formelen:

$$V_c = (\pi \times D_m \times n) / 10^3$$

V_c : Skjærehastighet, m/min

π : phi, konstant = 3,14

D_m : Bearbeidings diameteren, dvs ytre rørdiameter.

n : Dreie hastighet, o/min

$$V_c = (3,14 \times 762 \times 3,5) / 10^3$$

$$V_c = \underline{\underline{8,379 \text{ m/min}}}$$

Netto skjæreeffekt beregnes etter formelen:

$$P_c = ((V_c \times A_p \times F_n \times K_{c0,4}) / (60 \times 10^3)) \times (0,4 / (F_n \times \sin K_r))^{0,29}$$

P_c : Netto skjæreeffekt, kW

A_p : Skjærebredde, mm

F_n : Mating pr. omdreining, mm/o

$K_{c0,4}$: Spesifikk skjærkraft

K_r : Stålvinkelen, grader

$$P_c = ((8,379 \times 5 \times 0,4 \times 2700) / (60 \times 10^3)) \times (0,4 / (0,4 \times \sin 90^\circ))^{0,29}$$

$$P_c = \underline{\underline{0,75411 \text{ kW} = 754,11 \text{ W}}}$$

Kraft på skjærestålet beregnes etter formelen

$$P_c = FV \rightarrow F = P_c/V$$

P_c : Netto skjæreeffekt, W

F: kraft på skjærestålet, N

V: Skjærehastighet, m/s

$$V = V_c/60$$

$$V = 8,379/60 = \underline{0,13965 \text{ m/s}}$$

$$F = 754,11/0,13965$$

$$F = \underline{\underline{5400 \text{ N}}}$$

Skjæretid for 30" rør

Beregnet skjære tid ved skjæring med to skjærestål fra Sandvik Coromant:

Skjærestålet har en maksimal mating på 0.4 mm/o og 3,5 o/min. Gods tykkelsen i røret er 33,1 mm.

$$t = 33,1/(2 \times 0,4 \times 3,5)$$

$$t = 11,82 \text{ min} = \underline{\underline{11 \text{ min } 49 \text{ s}}}$$

Beregnet skjæretid ved skjæring med to skjærestål fra TriTool Inc:

Skjærestålet har en maksimal mating på 0.1 mm/o og 3,5 o/min. Gods tykkelsen i røret er 33,1 mm.

$$t = 33,1/(2 \times 0,1 \times 3,5)$$

$$t = 47,29 \text{ min} = \underline{\underline{47 \text{ min } 17 \text{ s}}}$$

6.2 Krefter i hydraulikksylindere

Beregning av kraft i fastspennings sylindere

Beregningen av kraften i fastspenningssylinderen baserer seg på at en har et fast punkt og to fastspennings sylindere i henhold til designforslaget. En regner også med en lik friksjons koeffisient i disse tre punktene. Utgangspunktet for beregningen er at den totale fastspenningskraften må være lik kraften i skjærestålet, når summen av kreftene er lik null er systemet i ro.

F1,F2: Kraft i fastspenningssylinder

N: Kraft i fast anlegg

Fs: Kraft i skjærestål

M: Friksjons koeffisient

$$\sum \tau = (F1r+F2r+Nr) \times \mu$$

$$F1=F2$$

$$F1y=F2y$$

$$N = F1y + F2y = 2(F1 \times \sin 45^\circ)$$

$$N = 1,4142 \times F1$$

$$Fs = (F1+F2+N)\mu$$

$$Fs = (2 \times F1 + N)\mu$$

$$Fs = (3,4142 \times F1)\mu$$

$$\mathbf{F1 = Fs / (3,4142 \times \mu)}$$

Innsatt verdier for skjæring med to stål som gir den høyeste mulige belastning, og en beskjedne $\mu = 0,5$ gir dette:

$$F1 = (2 \times 5400) / (3,4142 \times 0,5)$$

$$\mathbf{F1 = 6326,52 \text{ N}}$$

6.3 Dimensjonering av hydraulikk sylindere

Dimensjonering av fastspenningssylindere

Ved dimensjonering av hydrauliske sylindere med fjær retur, må fjærens lengde være minimum $3 \times$ effektiv slaglengde. Referanse Sylinderteknikk.

For å være sikret en effektiv retur settes fjærkraften til å være $2 \times$ fastspenningskraften.

Data for beregning av fjær er hentet fra "svensk standard for dimensjonering av fjærer", tabell 11.3 og 11.4. Referanse [3]

Indre diameter fjær = ytre diameter stempelstang = 40mm

Spenningen i fjæren blir bestemt etter denne formelen:

$$\tau = ((8 \times F \times D_m) / (\pi \times d^3)) \times k$$

τ : spenningen i fjæren

8: konstant

F: Kraften som fjæren skal virke med

D_m : Midlere diameter på fjær

π : konstant, 3,14

d: diameter fjærtråd

k: korreksjonsfaktor, leses fra graf i figur 17.3 Referanse [3]

$$\tau = ((8 \times (6326,52 \times 2) \times 44) / (\pi \times 4^3)) \times 1,14$$

$$\tau = \underline{\underline{25252,98 \text{ N/mm}^2}}$$

Skjærflytegrensen for fjærmaterialet ved disse dimensjonene er ca 775 N/mm².

Flere beregninger ble utført ved ulike diametre fjærtråd, resultatene viser alle at det ikke lar seg gjøre å holde fjæren under flytegrensen. Grunnen er at kraften er så stor at det ikke lar seg gjøre å tilpasse de andre parametrene for å komme under flytegrensen.

Fastspenningssylindrene vil etter resultatene fra beregningsmodellen til Sylinderteknikk, referanse [15], være de svakeste i kutteverktøyet. På bakgrunn av dette konkluderes det med at det ikke vil være mulig å konstruere fjærene ut i fra de betingelsene som er satt.

Dimensjonene for de to andre sylindrene er satt ut i fra tilgjengelig plass i konstruksjonen, metoden er ikke sikker sammenlignet med en beregning av kreftene i alle sylindrene. Men siden beregningene for fastspenningssylindrene, som er de svakeste i konstruksjonen, viser at en vil ligge så langt over flytegrensen til fjæren kan en med stor sikkerhet si at dette vil gjelde for lukkesylinderen og cylinderen i låsemekanismen også.

6.4 Krefter i hengsel og låsemekanisme

Hengslene og låsemekanismen skal ta opp de kreftene som hydraulikksylindrene for låsing mot røret påfører ringen i skjæreverktøyet. Disse må dimensjoneres i forhold til disse kreftene. En har valgt å la hengslene gå over hele bredden av hovedringen i skjæreverktøyet for å oppnå best mulig presisjon og stabilitet.

Beregning av krefter i hengsel og låsepunkt

Beregningene for krefter i hengsle og låsepunkt baserer seg på resultatene fra beregninger av fastspenningskreftene. De beregnede fastspenningskreftene var den minste kraften som måtte til for å holde røret i ro ved maksimal skjærebelastning. Med bakgrunn i dette vil resultatet her være den minste kraften som vil oppstå i hengsle og låsepunktene ved fastspenning. Dimensjonering på bakgrunn av dette resultatet indikerer dermed et absolutt minimum. Senter for hengsle og låsepunktene er plassert 50mm over skjæreverktøets yterdiameter i disse beregningene. Det gir en radius $r = 551,65 \text{ mm}$.

De tre fastspenningspunktene er plassert symmetrisk inne i skjæreverktøyet, de danner en likesidet trekant ABC, med vinkler på 60° . På bakgrunn av dette kan en regne ut en av sidene i denne trekanten, for eksempel AB.

$$r/\sin 30^\circ = AB/\sin 120^\circ$$

$$AB = 955,485 \text{ mm} = 0,9555 \text{ m}$$

Moment armen for den hydrauliske fastspenningskraften blir da: $AB/2 = 0,4778$

Så deler en ringen i to, gjennom det faste anlegget. En sitter da igjen med en fastspenningskraft som er halvert i dette punktet, $0,7071F$ og en fastspenningskraft fra hydraulikksylindren, F .

F1: Kraft i låsepunkt

F2: Kraft i hengslepunkt

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum F_x \quad F_2 + F_1 = 0,7071F$$

$$\sum \tau_a = 0$$

$$F_1 \times 1,1033 - F \times 0,9555 + F \times 0,4778 = 0$$

$$F_1 = (0,9778 \times F) / 1,1033 = 0,43302 \times F$$

Innsatt gir dette:

$$F_1 = 0,4330 \times 6326,52$$

$$\mathbf{F_1 = 2739,51 \text{ N}}$$

$$F_2 = 0,7071F - 0,4330F$$

$$F_2 = 0,27408F$$

Innsatt gir dette:

$$F_2 = 0,2741 \times 6326,52$$

$$\mathbf{F_2 = 1733,97 \text{ N}}$$

F1 og F2 er symmetriske krefter som virker fra hverandre i hengsle og låse punktene.



6.5 Krefter i rammeverk og åpen ring

Rammeverket er forbindelsen mellom skjæreverktøyet og den åpne ringen. Rammeverket er også feste punkt for løfteinnretningen til ROV. Rammeverket må derfor være sterkt nok til å kunne belastes med kutteverktøyet tyngde i vann, maks 25kg. Den åpne ringen skal kun fungere som en støtte for å gi kutteverktøyet stabilitet og korrekt posisjonering. Det skal altså ikke ta opp noen krefter fra skjæreprosessen. Ringen må dimensjoneres slik at den blir stabil og at fastspenningen mot røret blir tilstrekkelig. Utgangspunktet er at den skal tåle den belastningen som de nedre støttepunktene utgjør når lukkesylindren utøver sitt arbeid.

6.6 Oppdriftslegeme

Størrelsen av oppdriftslegeme beregnes ut i fra kutteverktøyet total vekt. Formen beregnes ut i fra tyngdepunktet til kutteverktøyet. Informasjon om tyngdepunkt hentes fra Autodesk Inventor 6. Dimensjonering av festepunkter mellom oppdrifts legeme og kutteverktøyet tar utgangspunkt i de kreftene som virker mellom dem i neddykket tilstand. For oppdrifts legemet settes det en virkningsgrad på 0,4.

Dimensjonering av oppdrifts legeme, beregnes ut i fra formelen:

$$V_l = (m - V_k \times \rho_v) / (0,4 \times \rho_v)$$

V_l : Volum flytelegeme, m³

m : Massen til kutteverktøyet, kg

V_k : Volum kutteverktøy

ρ_v : Tettheten til sjøvann, $1,02 \times 10^3$ kg/m³

Innsatt verdier fra kapittel 5.1.1:

$$V_l = (316,915 - 0,1299 \times 1,02 \times 10^3) / (0,4 \times 1,02 \times 10^3)$$

$$V_l = \underline{\underline{0,452 \text{ m}^3}}$$

6.7 Ballanse vanntank på TSM

Vanntanken som fungerer som en motvekt for kutteverktøyet og holderen på TSM må ha en totalvekt tilsvarende summen av tørrvekten til disse. I våt tilstand skal vekten av vanntanken være lik vekten av verktøyholderen, kutteverktøyet har nøytral oppdrift.

Volumet til vanntanken beregnes ut i fra tørrvekten til kutteverktøyet med flytelegeme.

7 Operasjonsprosedyre for kutteverktøy

Operasjonsprosedyren beskriver alle funksjoner som skal utføres og i hvilken rekkefølge de skal utføres.

7.1 Operasjonsprosedyre ved normal drift

Klargjøring på overflatefartøy:

Hele kutteverktøyet og TSM funksjonstestes på overflatefartøyet, skjærestål monteres og kalibreres. Alle kameraer og lyskilder testes. Kutteverktøyet monteres på holder på TSM.

Nedsenking til kuttsted:

TSM sjøsettes og senkes ned til arbeids dybde og funksjonstestes.

Installering av kutteverktøy:

Rov frigjøres og forankres i kutteverktøyet, deretter frigjøres kutteverktøyet fra TSM. ROV bringer kutteverktøyet til røret og posisjonerer det på røret ved skadestedet. Kutteverktøyet skal plasseres på rørledningen på den siden av kuttstedet som ikke skal tas bort.

Posisjoneringen overvåkes visuelt med hjelp av kameraer på kutteverktøyet. Ved korrekt posisjonering lukkes kutteverktøyet, overvåkes visuelt. Når lukkingen er gjennomført aktiviseres låsemekanismen i skjæreverktøyet. Fastspenningen av skjæreverktøyet kan nå igangsettes, sylindrene kjøres parallelt til fastsatt lengde og låses her. Lukkesylinder, låsemekanismen og fastspennings sylindrene beholder sitt arbeidstrykk så lenge skjæreplassen er i gang.

Skjæring første kutt:

Når kutteverktøyet er installert kan en begynne skjære prosessen, skjæringen foregår med konstant hastighet under hele prosessen. Det er viktig å overvåke verktøyet i starten for å være sikker på at fastlåsing mot røret er tilstrekkelig. Skjæringen pågår til en har gjennomslag i hele røret, dette bekreftes visuelt.

Reversering og flytting:

Før en frigjør kutteverktøyet for flytting til nytt skjærested må mateverket for skjærestål reverseres. ROV kommer inn, kobles til mateverket og bringer dette tilbake til utgangspunktet. ROV forankres i kutteverktøyet. Skjæreverktøyet kjøres til åpningsposisjon, lukkesylinderen trykkavlastes og låsemekanismen åpnes. ROV bringer kutteverktøyet til nytt arbeidssted og posisjonerer på nytt som forestående.

Skjæring andre kutt:

Samme prosedyre som for første kutt

Avinstallering av kutteverktøy:

Samme prosedyre som ved flytting etter avsluttet første kutt.

Tilbakevending til overflatefartøy:

Rov transporterer kutteverktøyet til TSM, og posisjonerer det på holderen. Kutteverktøyet lukkes, låses og spennes fast på samme måte som ved montering på rør. Kutteverktøyet returnerer nå til overflaten sammen med TSM.

På overflatefartøyet:



Kutteverktøyet åpnes og spyles med ferskvann og rammeverk gjennom spyles. Ingen kontakter må åpnes før kutteverktøyet er tørt.

7.2 Operasjonsprosedyre ved unormal drift (svikt i TSM)

Svikt i TSM, ikke normal tilførsel av hydraulisk kraft. Ingen signaloverføring eller styringsmuligheter. ROV kobles på nød drifts motor og kjører skjæreverktøyet til korrekt posisjon. Sikrings splint i nødsystemet fjernes og fastspenningen løses, lukkesylinderen trykkavlastes og låsemekanismen åpnes. Kutteverktøyet er nå frigjort og kan hentes opp ved hjelp av ROV. ROV plasserer kutteverktøyet på holderen. Deretter hentes stenger for fastlåsing av kutteverktøyet fra TSM og settes inn i holderen slik at kutteverktøyet er sikret. TSM kan nå hentes opp til overflatefartøyet uten fare for skader på kutteverktøyet.

Det er mulig å hente opp TSM uten å bringe kutteverktøyet tilbake til holderen, så lenge det ikke er montert på et rør. Kutteverktøyet har ballansert oppdrift, slik at det er mulig å trekke det etter TSM ved hjelp av tetheren, men det er en ren nødløsning ved total svikt i alle systemer, inkludert ROV og anbefales ikke.

8 Diskusjon

8.1 Design

Det er mange usikkerhets momenter rundt selve skjæreverktøyet som gjør analysen noe usikker med tanke på vekt og nødvendige krefter for fastspenning. Funksjonsmessig er det fullt mulig å benytte skjæreverktøyet fra TriTools som utgangspunkt. Modifiseringene i mateverket gjør at en får en forbedret sikkerhet mot skader på skjærestålet og et mer stabilt kutt. Ved å gjøre nødsystemet ROV operert har en redusert behovet for hydrauliske komponenter betydelig, noe som må ses på som en gevinst. Samtidig har en fått et nød system som er totalt separert fra det opprinnelige driftssystemet noe som også er en fordel. Beregningene viser at det ikke er mulig å modifisere konvensjonelle sylindere for fjærretur. Men det skal være mulig å spesial lage disse komponentene, referanse /15/-/22/. Det vil innebære modifiseringer av hydraulikk systemet i TSM men også dette skal være teknisk mulig. Løsningen for ballansering av TSM er både enkel og effektiv. Designet av holderen ser også ut til å oppfylle de kravene som ble fremsatt. Beregningene av krefter tar utgangspunkt i egenskapene til skjærestålet, metoden skal være god, men det vil bli en unøyaktighet siden en er nødt til å gjøre en tilnærming i materialkvaliteten på røret.

8.2 Autodesk Inventor 6

Resultatene fra Autodesk er på langt nær så bra som det en hadde håpet å oppnå, programmet er svært avansert og en greide ikke å oppnå det resultatet en i utgangspunktet ville vise, en fullverdig modell av kutteverktøyet.

8.3 Materialvalg

Valget av rustfritt stål og aluminium som konstruksjons materialer bygger på korrosjonskravene og et ønske om lavest mulig tørrvekt. Dette har igjen bakgrunn i at en ønsker at oppdriftslegeme skal bli for stort.

8.4 Dimensjonering og styrkeberegninger

Beregningene om dimensjonering må ses på som retningsgivende og ikke som grunnlag for en konstruksjon. Bakgrunns materiale for skjæreverktøyet og kreftene forbundet med skjæringen er for dårlig til at disse resultatene kan brukes slik. Beregningene er ment å gi et grunnlag som skal være retnings givende i valg av konstruksjonsløsninger og er ikke nøyaktige. Resultatene viser at det er forholdsvis beskjedne krefter som oppstår i skjære prosessen.

8.5 Valg av skjærestål

Valget av skjærestål bygger i stor grad på at dette tidligere er brukt i sjøvann med gode resultater. Det valgte skjærestålet oppfyller alle krav til nøyaktighet og driftssikkerhet. Samtidig er Sandvik Coromant AS en anerkjent og en stabil leverandør med stor faglig kompetanse. Det valgte skjærestålet kan kjøres med mating opp til 0,4 mm, noe som er tre ganger mer en TriTools Inc sitt skjærestål. Maksimal kuttedybde med den valgte holderen er 55 mm. Med en veggtykkelse i røret på 33,1 mm har en også her god sikkerhets margin.

8.6 Overvåkning

Kameraene fra Imenco representerer noe av det fremste på markedet. Løsningen med integrert lyskilde av denne typen er svært fordelaktig på slike store dyp som det her er snakk om.



Valget av disse kameraene er i tråd med ønsket om å minimere bruken av elektriske komponenter. Løsningen med tre kameraer og posisjoneringen, skal gi full dekning av kuttet og posisjoneringen.

8.7 Styring

Verktøyet blir totalt fjernstyrt fra overflatefartøy, enten direkte gjennom TSM eller ved hjelp av en ROV. Dette er i tråd med design kravet om total fjernstyring. Bruken av fiberoptikk i stedet for elektrisk signaloverføring gjør at en får svært liten signalforsinkelse, samt en liten risiko for den typen feil som kan oppstå ved bruk av elektriske kretser i sjøvann. En annen fordel er at bildekvaliteten fra kameraene som er operatørens øyne i på kutteverktøyet blir mye bedre. Det negative med bruk av fiber optikk er at det er komplisert å reparere eventuelle skader på kabel.

9 Konklusjon

Konsept studien viser at det skal være mulig å utvikle et kuttessystem basert på skjæreverktøyet 630SB fra TriTools Inc. Skjæreverktøyet lar seg modifisere til undervannsbruk. Mye er usikkert når det gjelder tekniske løsninger i selve skjæreverktøyet, men det er ikke noe som tilsier at det ikke skulle være mulig å gjøre de modifiseringene som er foreslått. Det er både teknologi og kunnskap tilgjengelig for å kunne utvikle et fungerende verktøy av denne typen i dag.

Dersom en skulle gått videre med framstilling av et slikt kutteverktøy ville det vært naturlig å analysere den økonomiske siden ved konstruksjonen. I forhold til dagens utstyr blir en mer fastlåst i forhold til rørdimensjoner. Det vil være nødvendig å konstruere flere ulike kutteverktøy for respektive rørdimensjoner. Om dette vil være økonomisk gunstig er noe som må vurderes nærmere.

10 Definisjoner

Forkortelser:

PRS – Pipe Repair System
TSM – Tool Support Module
CRM – Concrete Removal System
ROV – Remote Operated Vehicle
SS7JV – Stolt Subsea7 Joint Venture
HSH – Høgskolen Stord/Haugesund
DnV – Det norske Veritas
TMS – Tether Management System

Mål og størrelser:

msv – meter sjøvann, benevning for dybde, spesifikt i sjøvann
Sm³ - Standard kubikkmeter
GSm³ - Giga, 1¹⁰, Standard kubikkmeter
GPM – Gallons Pr Minute, mål for volum strøm
LxBxH – Lengde x Bredde x Høyde
1 Gallon = 3,78541 Liter (US Gallon)

11 Litteratur/kildehenvisning

Litteratur:

- /1/ Jens Christian Lindås, *Kompendium i Undervannsteknologi* (Høgskolen Stord/Haugesund, Haugesund, April 2002)
- /2/ S. Kaasa, O. Olsen, S. E. Pedersen, K. Torsøe. *Teknisk formelsamling med tabeller* (Universitetsforlaget, Oslo, 1992)
- /3/ Gunnar Dahlvig, Sigmund Christensen, Gunnar Strømsnes. *Konstruksjonselementer* (Yrkesopplæring ans, Aurskog, 2000)
- /4/ Sandvik Coromant, *Verktøy for skarpe bearbeiting – Svarvverktøy* (Sandvik Coromant, Sverige, August 2002)

Internett:

- /5/ Hjemmeside - TriTools Inc.
<http://www.tritool.com>
- /6/ Hjemmeside – Arne Bø Pedersen as
<http://www.abp.no>
- /7/ Hjemmeside - Sandvik Coromat
<http://www.coromant.sandvik.com>
- /8/ Hjemmeside - Norsok standarder, NTS: Norsk Teknologi senter
<http://www.standard.no/standard/index.db2?id=1625>
- /9/ Hjemmeside – Gassco
http://gcweb02.gassco.no/portal/page?_pageid=73,32948&_dad=portal&_schema=PORTAL
- /10/ Hjemmeside – Stolt Offshore
<http://www.stoltoffshore.com/stoltoffshoreweb.nsf/index.htm?OpenPage>
- /11/ Hjemmeside – United States patent and trademark office
<http://www.uspto.gov/patft/index.html>

Søk: “CCL/82/113” – Alle relevante patenter med undergrupper
<http://patft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect1=PTO2&Sect2=HITOFF&u=%2Fnetacgi%2Fsearch-adv.htm&r=0&p=1&f=S&l=50&Query=CCL%2F82%2F113%0D%0A&d=ptxt>
- /12/ Hjemmeside – Alstom Schilling
<http://www.schilling.com/>

/13/ Hjemmeside – Imenco Engineering AS
<http://www.imenco.no/>

/14/ Hjemmeside – Cad Teknisk AS
<http://www.cadteknikk.no>

/15/ Hjemmeside – Sylinderteknikk AS
<http://www.sylinderteknikk.no>

CD-ROM:

/16/ Ormen Lange - utfordringer ved subsea til land
(Norsk Hydro, presentasjonsmaterieil NUS, 2003)

Programvare:

/17/ Autodesk Inventor 6 (SP1), Konstruksjons program
(Trialware, Cadteknikk AS)

/18/ Beregnings modell for hydraulikksylindere, Sylinderteknikk AS
Web basert på Sylinderteknikk sin hjemmeside, referanse /15/

Kontaktpersoner:

/19/ Espen Møller - Teknisk sjef Stolt Subsea7 Joint Venture
espenm@ptions.no

/20/ Åge Løver – Produktsjef / Spesialist dreieprodukter Sandvik Coromat
aage.loever@sandvik.com

/21/ Ben Knutsen – Cad Teknisk AS, autorisert forhandler Autodesk Inventor 6
ben@cadteknikk.no

/22/ Jarle Bøe – Sylinderteknikk AS
jarle@sylinderteknikk.no

Standarder:

Norsok standard:

- /23/ U-001 Subsea Production Systems (Rev. 3, Oct. 2002)
- /24/ M-001 Materials selection (Rev. 3, Nov. 2002)
- /25/ M-102 Structural aluminium fabrication (Rev. 1, Sept. 1997)
- /26/ N-001 Structural design (Rev. 3, Aug. 2000)
- /27/ N-003 Actions and action effects (Rev 1, Feb. 1999)
- /28/ M-501 Surface preparation and protective coating (Rev. 4, Dec. 1999)
- /29/ M-503 Cathodic protection (Rev. 2, Sept. 1997)

Det Norske Veritas standard:

- /30/ DnV Submarine Pipeline Systems, 2000 (erstatning for Norsok standard Y-001, Subsea Pipelines), OS-F101

12 Vedlegg

Vedlegg

- [1] Patenter, oversikt
- [2] Resultater fra beregningsmodell for hydraulikksylindre
- [3] Tekniske spesifikasjoner 630SB TriTools Inc, kilde TriTools Inc.
- [4] Tegninger designforslag kutteverktøy

Patenter forbundet med TriTools 630SB

Totalt er det 126 registrerte patenter som har innvirkning på dette verktøyet. Men 100 av disse er fra før 1976 og ikke lenger beskyttet. Kun 4 er registrert på TriTools Inc. Det er mulig at TriTools Inc. har kjøpt opp andre firmaer og dermed deres patentrettigheter, det fremgår ikke av USPTO, United States Patent and Trademark Office, sitt register. Denne oversikten tar kun hensyn til patenter registrert på TriTools Inc. Patentene gjelder både i USA og internasjonalt.

Følgende patenter er registrert på TriTools Inc. pr. 15. Mars 2003.

US Patent: 4,665,782 19. Mai 1987

Bearing arrangement for portable lathe

Abstract

A portable lathe tool includes fixed and rotating split rings, the fixed ring arranged to be secured to a pipe workpiece, the rotating ring being relatively rotatable with respect thereto for carrying a tool capable of performing a machining operation on the workpiece as it is driven around the circumference of the latter. A bearing arrangement for supporting the relatively rotating ring on the fixed ring is disclosed as comprising a bearing ring having a sloping bearing surface for engaging the rear end area of the rotating ring for axially, radially and rotationally locating and guiding the rotating ring relative to the fixed ring. An adjustment system is provided for accurately locating and adjusting the position of the bearing ring relative to the fixed ring to permit compensation for wear and dimensional variations.

US Patent: 7,483,223 20. November 1984

Portable lathe

Abstract

A portable lathe is disclosed which has a compact arrangement of an automatic tool feed mechanism which facilitates the use of the lathe to machine an internal surface of a workpiece. An automatic cutting bit feed is located diametrically opposite the cutting bit holder and is connected to it by one or more rigid connecting bars. The bars transmit the feeding movement from a feed slide to the cutting bit holder across the face of the rotating cutting head. A feed screw is attached to an overrunning clutch which is advanced through contact with an actuating arm during each revolution of the cutting head. A clutch nut is provided on the feed screw to release the feed slide and the cutting bit holder from the feed screw to facilitate manual manipulation of these elements. The rate of feed may be adjusted by adjusting the stroke of a cam and overrunning clutch associated with the feed screw.

US Patent: 4,483,522 20. November 1984

Adjustable mandrel for supporting tubular workpieces

Abstract

A mandrel for fixedly supporting a tubular workpiece during a machine tool cutting operation on the end area of the workpiece includes a pivotally mounted shaft that engages the workpiece and is mounted so as to be angularly adjustable relative to the central body of the mandrel. The angular adjustment of the shaft permits cutting operations to be performed on the end of the tubular workpiece in planes that are offset from a plane that is perpendicular to the centerline of the workpiece. The shaft is constrained to move solely within a single plane about a pivot center located adjacent the end of the workpiece on which a cutting operation is to be performed. The mandrel assembly is geometrically proportioned so that the pivot center of the mandrel shaft can be located in the cutting plane of a machine tool with which the mandrel is intended to cooperate.

US Patent: 4,418,591 6. Desember 1983

Pipe end preparation and cutoff tool

Abstract

A pipe end preparation and cutoff tool includes a generally annular, fixed housing and a relatively rotatable tool carrying ring that is connected to the housing by means of orthogonal sets of roller bearings travelling in continuous bearing races that are likewise disposed in orthogonal planes. The bearing arrangement enables the ring to transmit radial and thrust loads to the housing and the structural arrangement of elements is intended to prevent gross contamination of the bearing assemblies.

Resultater fra beregnings modell av hydraulikksylindre, Sylinderteknikk AS

Sylindre for fastspenning av skjæreverktøy mot rør:

Stempeldiameter	50 mm
Utvendig diameter cylinderrør	60 mm
Stangdiameter	40 mm
Lengden av stangen fra innfestingspunkt til avskraper	50 mm
Lengden fra innfestingspunkt til innfestingspunkt	150 mm
Arbeidstrykk	210 bar
Volumstrøm	110 l/min (5 l/min)

Volumstrøm 110 l/min:

Sylinderen er fast opplagret i en ende.
Minste tillatte veggtykkelse er: 3.6 mm

Sikkerhetsfaktor mot knekk er: 783
Anbefalt minste sikkerhetsfaktor er 4,0.

	Skyv	Trekk
Kraft	41.23 kN	14.84 kN
	4203 kg	1513 kg
Hastighet	93.3 cm/s	259.3 cm/s
Areal	19.6 cm ²	7 cm ²

Volumstrøm 5 l/min:

Sylinderen er fast opplagret i en ende.
Minste tillatte veggtykkelse er: 3.6 mm

Sikkerhetsfaktor mot knekk er: 783
Anbefalt minste sikkerhetsfaktor er 4,0.

	Skyv	Trekk
Kraft	41.23 kN	14.84 kN
	4203 kg	1513 kg
Hastighet	4.2 cm/s	11.7 cm/s
Areal	19.6 cm ²	7 cm ²

Resultater fra beregnings modell av hydraulikksylindre, Sylinderteknikk AS

Sylindre i låsemekanismen:

Stempeldiameter	70 mm
Utvendig diameter cylinderrør	80 mm
Stangdiameter	40 mm
Lengden av stangen fra innfestingspunkt til avskraper	110 mm
Lengden fra innfestingspunkt til innfestingspunkt	250 mm
Arbeidstrykk	210 bar
Volumstrøm	110 l/min (5 l/min)

Volumstrøm 110 l/min:

Sylinderen er fast opplagret i en ende.
Minste tillatte veggtykkelse er: 4.6 mm

Sikkerhetsfaktor mot knekk er: 152.1
Anbefalt minste sikkerhetsfaktor er 4,0.

	Skyv	Trekk
Kraft	80.81 kN	54.42 kN
	8238 kg	5548 kg
Hastighet	47.6 cm/s	70.7 cm/s
Areal	38.4 cm ²	25.9 cm ²

Volumstrøm 5 l/min:

Sylinderen er fast opplagret i en ende.
Minste tillatte veggtykkelse er: 4.6 mm

Sikkerhetsfaktor mot knekk er: 152.1
Anbefalt minste sikkerhetsfaktor er 4,0.

	Skyv	Trekk
Kraft	80.81 kN	54.42 kN
	8238 kg	5548 kg
Hastighet	2.1 cm/s	3.2 cm/s
Areal	38.4 cm ²	25.9 cm ²

Resultater fra beregnings modell av hydraulikksylindre, Sylinderteknikk AS

Sylinder for lukking av kutteverktøy

Stempeldiameter	75 mm
Utvendig diameter sylinderrør	90 mm
Stangdiameter	25 mm
Lengden av stangen fra innfestingspunkt til avskraper	150 mm
Lengden fra innfestingspunkt til innfestingspunkt	450 mm
Arbeidstrykk	210 bar
Volumstrøm	110 l/min (5 l/min)

Volumstrøm 110 l/min

Sylinderen er fritt opplagret.

Minste tillatte veggtykkelse er: 4.9 mm

Sikkerhetsfaktor mot knekk er: 10.1

Anbefalt minste sikkerhetsfaktor er 4,0.

	Skyv	Trekk
Kraft	92.77 kN	82.46 kN
	9457 kg	8406 kg
Hastighet	41.4 cm/s	46.6 cm/s
Areal	44.1 cm ²	39.2 cm ²

Volumstrøm 5 l/min:

Sylinderen er fritt opplagret.

Minste tillatte veggtykkelse er: 4.9 mm

Sikkerhetsfaktor mot knekk er: 10.1

Anbefalt minste sikkerhetsfaktor er 4,0.

	Skyv	Trekk
Kraft	92.77 kN	82.46 kN
	9457 kg	8406 kg
Hastighet	1.8 cm/s	2.1 cm/s
Areal	44.1 cm ²	39.2 cm ²

TRI TOOL INC.
TECHNICAL SPECIFICATION
MODEL 630SB LOW PROFILE CLAMSHELL
MARCH,1997

MODEL 630SB Low Profile Clamshell

Description: The 630SB Low Profile Clamshell is a split-frame pipe lathe for severing and beveling in-line pipe with a range of 26" through 30" nominal diameter with minimal radial and axial clearances.

Design and Operating Features

1. Easily adjustable precision bearing surfaces preload and stabilize the rotating head to provide long life, low maintenance, stability and precision.
2. The Clamshell splits into two halves for mounting on closed looped systems. All parts are secured to the two halves to avoid loss of parts and provide maximum ease of handling.
3. The machine is equipped with adjustable mounting pads for out-of-round pipe conditions.
4. Dual tool modules with auto-feed sprockets and adjustable slide ways provide maximum maintainability, life and operator safety with minimum operator training.
5. The auto-feed star sprockets provide .004" (.10mm) of radial feed per revolution for a controlled depth of cut.
6. Drive gears and bearing surfaces are covered for operator safety and sealed to prevent cutting chip damage.
7. Operator controls are away from the rotating head for operator safety.
8. Modular design concepts provide quick, easy maintenance and maximum versatility in drive and tooling options.
9. System may be configured with pneumatic or hydraulic drive motors.
10. Clamshell has sliding plain bearings that are field adjustable back to zero tolerance.

Specifications

1. Reference Envelope Drawing No. 77-0861, 77-0917.
2. Cutting capacities* on 26" through 30" pipe with standard tool modules:
 - a. Severing with standard procedures 2.50" (63.5mm) wall
 - b. Severing and single beveling 1.25" (31.8mm) wall
 - c. Severing and double beveling 1.25" (31.8mm) wall
 - b. Severing and single beveling w/ special procedures 2.00" (50.8mm) wall
 - e. Severing and double beveling w/ special procedures 2.00" (50.8mm) wall

* Materials include, but are not limited to: carbon steel , low alloy steel, chrome steel (20% max.), chrome / molly alloys (Rc 32 max.), austenitic stainless steel, inconel, copper, aluminum and copper nickel alloys.

3. Clearances:
 - a. Rotating parts diameter 43.50" (1,104.9mm)
 - b. Main frame diameter 39.50" (1,003.3mm)
 - c. Axial clearance required relative to center line of cut
(with standard tool modules)
Mounting side 7.58" (192.5mm)
Side opposite frame 1.56" (39.6mm)
 - d. Rotating parts radial clearance over pipe:
30" pipe 6.75 (171.5mm)
28" pipe 6.75" (171.5mm)
26" pipe 6.75" (171.5mm)

4. Drive Options:
 - a. Dual right angle air motors
Air requirements @ 90 PSI (6.3 kg/cm²) 160 CFM (76 lt/sec)
Head Speed @ maximum horsepower 3.5 RPM
 - b. Dual In-line hydraulic motors
(Requires separate hydraulic power supply. Ref: 765RCV technical specifications)

5. Tool Modules:
 - a. Working diameter 26" - 30" pipe
 - b. Travel per side 2.50"
(63.5mm)
 - c. Feed rate .004" (.10mm)/rev.

6. Mounting

- a. 4 fully adjustable mounting pads with 6 additional mounting jackscrews for 26", 28" and 30" pipe.

7. Weight:

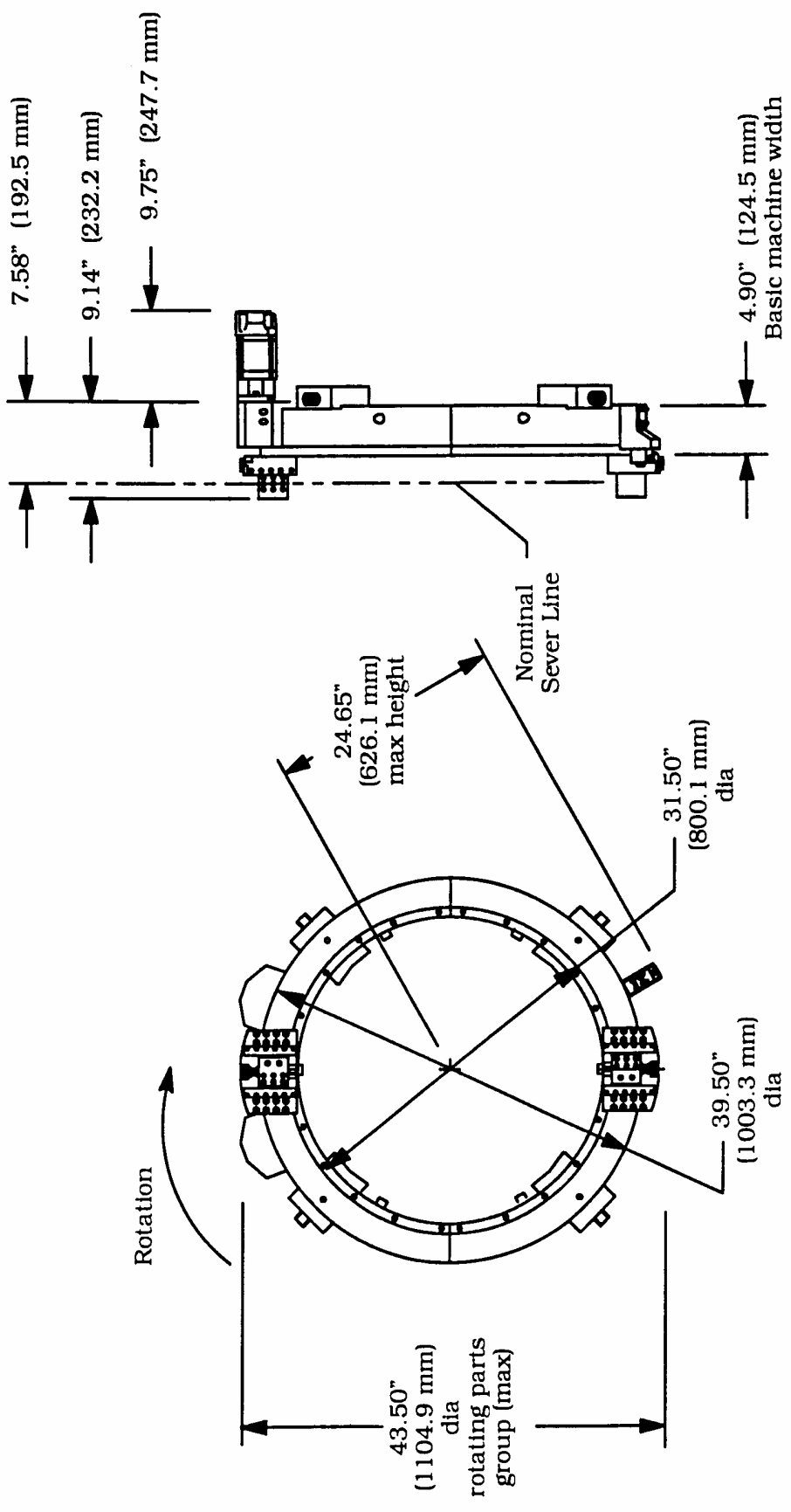
Basic machine with 2 drive housings	390 lbs. (177.0 Kg)
Standard tool modules	15 lbs. (6.9 Kg)/module.
Air motors	20 lbs. (9.1 Kg) ea.
Hydraulic motors	34 lbs. (15.4 Kg) ea.


Spare parts and standard tool bits are available from stock. Engineering design services for custom tool bits and special function modifications are available from the factory.

All Tri Tool and allied equipment products are subject to design improvements and specification changes at any time with no obligation to units already sold.

Warranty (limited), parts and/or equipment are warranted against defects in material and workmanship for a period of one year from date of purchase. Full details supplied on request and/or with tools.

Filter, regulator, lubricator required to protect warranty on air powered tools.



 TRI TOOL Inc. 3806 SECURITY PARK DRIVE, RANCHO CORDOVA, CA 95742-6990		Envelope Drawing Model 630SB Clamshell, Hyd		REV A	
CONTRACT NO.	APPROVALS DRAWN PFAFMAN CHECKED Bt ISSUED	DATE 3/12/97 3/17/97	FSCM NO. A	DWG. NO. 77-0861	SHEET 1 of 1
DO NOT SCALE DRAWING					

COMPANY CONFIDENTIAL
 PROPRIETARY PROPERTY OF TRI TOOL INC.
 NO REPRODUCTION, USE, OR DUPLICATION OF THE
 DESIGNS SHOWN HEREON IS PERMITTED WITHOUT
 EXPRESS WRITTEN CONSENT FROM TRI TOOL INC.
 3806 SECURITY PARK DRIVE RANCHO CORDOVA CA 95742-6990
 COPYRIGHT TRI TOOL INC.

